

SÉRIE A, N° 134

N° D'ORDRE

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Saïd KHARBUSH

1^{re} THÈSE. — Recherches cytologiques sur la Résistance
des Céréales (Blés) à la Rouille jaune
« Puccinia Glumarum » (Schm) Erikss. et Henn.

2^e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

11 FEB 1926

Soutenues le

1926 devant la Commission d'examen

MM. PORTIER, *Président*

DANGEARD }
DEREIMS } *Assesseurs*

PARIS

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

1926

SÉRIE , N°
N° D'ORDRE

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES

DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE TITRE DE DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ

PAR

Saïd KHARBUSH

1^{re} THÈSE. — Recherches cytologiques sur la Résistance
des Céréales (Blés) à la Rouille jaune
« Puccinia Glumarum » (Schm) Erikss. et Henn.

2^e THÈSE. — Propositions données par la Faculté.

11 FEV 1926

Soutenues le

1926 devant la Commission d'examen

MM. PORTIER, *Président*

DANGEARD }
DEREIMS } *Assesseurs*

PARIS

JOUVE & C^{ie}, ÉDITEURS

45, RUE RACINE, 45

1926

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen MOLLIARD, *Professeur*. Physiologie végétale.

Doyen honoraire P. APPELL.

Professeurs honoraires. { P. PUISEUX.
V. BOUSSINESQ.
A. JOANNIS.
H. LE CHATELIER,
H. LEBESGUE.
A. FERNBACH.



	ÉMILE PICARD	Analyse supérieure et algèbre supérieure.
	KOENIGS	Mécanique physique et expérimentale.
	GOURSAT	Calcul différentiel et calcul intégral.
	JANET	Electrotechnique générale.
	WALLÉRANT	Minéralogie.
	ANDOYER	Astronomie.
	PAINLEVÉ	Mécanique analytique et mécanique céleste.
	HAUG	Géologie.
	Gabriel BERTRAND . .	Chimie biologique.
	M ^{me} P. CURIE	Physique générale et radioactivité.
	CAULLERY	Zoologie (Évolution des êtres organisés).
	C. CHABRIÉ	Chimie appliquée.
	G. URBAIN	Chimie minérale.
	Émile BOREL	Calcul des probabilités et Physique mathém.
	MARCHIS	Aviation.
	Jean PERRIN	Chimie physique.
	ABRAHAM	Physique.
	CARTAN	Géométrie supérieure.
	LAPICQUE	Physiologie générale.
<i>Professeurs</i>	VESSIOT	Théorie des groupes et calcul des variations.
	COTTON	Physique générale.
	DRACH	Application de l'analyse à la géométrie.
	C. FABRY	Physique.
	Charles PÉREZ	Zoologie.
	LEDUC	Physique théorique et physique céleste.
	Léon BERTRAND . . .	Géologie appliquée et géologie régionale.
	LESPIÉAU	Théories chimiques.
	RABAUD	Biologie expérimentale.
	PORTIER	Physiologie comparée.
	BLAISE	Chimie organique.
	DANGEARD	Botanique.
	MAURAIN	Physique du globe.
	MONTEL	Mécanique rationnelle.
	WINTREBERT	Anatomie et Histologie comparées.
	DUBOSCQ	Biologie maritime.
	TIFFENEAU	Chimie (Enseignement P. C. N.).
	JULIA	Mathématiques générales.
	JOB	Chimie générale.
	N.	Géographie physique.

	HÉROUARD	Zoologie.
	Rémy PERRIER	Zoologie (Enseignement P.C.N.).
	SAGNAC	Physique théorique et physique céleste.
	PÉCHARD	Chimie (Enseignement P.C.N.).
	AUGER	Chimie analytique.
<i>Professeurs adjoints.</i>	M. GUICHARD	Chimie minérale.
	GUILLET	Physique.
	MAUGUIN	Minéralogie.
	BLARINGHEM	Botanique.
	MICHEL-LÉVY	Pétrographie.
	DERELMS	Géologie.
	DONGIER	Physique du globe.

Secrétaire Daniel TOMBECK.

A MON FRÈRE

ABD-EL-SADEK KHARBUSH

*Avec l'expression de mon affectueuse
gratitude.*

RECHERCHES CYTOLOGIQUES
SUR LA
RÉSISTANCE DES CÉRÉALES [BLÉS]
A LA ROUILLE JAUNE
(PUCCINIA GLUMARUM)

INTRODUCTION

Depuis près de deux ans, nous poursuivons au Laboratoire de la Station Centrale de Pathologie et Parasitologie Agricole, ainsi qu'au Laboratoire de Botanique de la Sorbonne une série de recherches sur la résistance des céréales aux Rouilles.

Nous avons étudié, plus spécialement, l'espèce *Puccinia Glumarum*.

Cette Rouille a été, peut-être, la moins étudiée des trois Rouilles communes sur le blé, malgré que l'étude de M. Foex sur les Rouilles des céréales ait montré toute son importance pour le producteur de blé de l'Europe occidentale.

Pour les raisons que nous exposerons, c'est par l'étude cytologique surtout que nous nous sommes efforcés d'expliquer les inégalités de la résistance des divers blés à *Puccinia glumarum*.

Pendant longtemps, les auteurs ont pensé que la résistance ou la sensibilité dépendaient des caractères morphologiques, histologiques et histochimiques de la plante saine, caractères préexistants à l'infection.

Les récentes études cytologiques de la substance cellulaire qui nous ont permis de mieux comprendre l'instabilité de ses constituants et leurs échanges mutuels, nous ont amené à penser que la résistance ou la sensibilité devaient dépendre surtout du mode de réaction des constituants cellulaires à l'infection.

Il devenait donc important, beaucoup plus que de comparer les tissus de la plante résistante à ceux de la plante sensible, de comparer les tissus de ces plantes avant et après l'infection, de faire l'étude cytologique de la cellule saine et de la cellule infectée chez les diverses variétés d'hôtes inégalement susceptibles.

Cherchons donc à augmenter le fonds commun d'observations sur la résistance, c'est actuellement le meilleur moyen d'assurer la vie aux générations futures.

Cherchons, d'abord, à distinguer les différentes catégories de constituants que la cellule végétale saine offre à l'étude cytologique.

Une masse de gel complexe (associant aux albuminoïdes des hydrates de carbone et en particulier des pentosanes) et désignée sous le nom de protoplasme ou cytoplasme, forme la grosse masse de la cellule végétale. Une membrane l'enveloppe et elle contient, à son intérieur, un corps généralement arrondi, délimité par une très fine membrane : c'est le noyau qui contient un ou plusieurs nucléoles.

Grâce à la présence constante et aux phénomènes si curieux dont il est le siège, le noyau a longtemps accaparé toute l'attention des cytologistes.

Les premiers cytologistes, cependant, n'avaient pas été sans étudier le « protoplasme » mais Bütscheli, Catxald, Haustène, Flemming, n'avaient pu que nous en proposer des représentations hypothétiques.

Du « Protoplasme fondamental », il a fallu, d'ailleurs, bientôt distinguer un certain nombre de corps figurés que les progrès de la technique ont permis de distinguer de mieux en mieux en son sein, soit par leur propre réfringence, soit par leurs réactions histochimiques ou leurs affinités pour tel ou tel colorant.

Certains de ces corps figurés sont encore certainement de la matière vivante; d'autres sont des produits plus ou moins stables de son élaboration.

Certains sont de nature assez simple et de composition chimique assez bien définie; telles sont les inclusions graisseuses, d'une part, les composés tanniques d'autre part, ou les hydrates de carbone figurés (amidon...).

Certains existent à l'état de solution et peuvent cristalliser en partie.

D'autres sont des colloïdes capables de prendre la forme de sols ou de gels.

Certains présentent, quant à leur distribution et à leur forme, une consistance relative qui leur mérite une désignation particulière: ce sont particulièrement les plastes ou plastides que M. P. A. Dangeard a groupés sous le vocable de *Plastidome*.

En dehors de ces plastes, la cellule contient des éléments très petits, arrondis et en bâtonnets : ces « microsomes » sont groupés par M. P. A. Dangeard dans la catégorie du *sphérome*; ils sont aussi appelés *chondriosomes* (Sherrer, Sapehin, Mottier) ou *mitochondries inactives* (M. Guilliermond); ils sont colorables en noir par l'hématoxyline après fixation mitochondriale. Enfin, de ces éléments il faut distinguer les cavités remplies de suc cellulaire, c'est-à-dire les vacuoles dont l'ensemble forme le système vacuolaire, colorable vitalement par les colorants vitaux vacuolaires tel que le rouge neutre, etc... (M. P. A. Dangeard).

Ce système que M. Dangeard appelle le vacuome est le lieu d'accumulation d'un grand nombre de produits du métabolisme cellulaire.

Ces groupements ne correspondent pas seulement à des notions cytologiques; dans la cellule saine :

L'amidon se forme toujours dans les plastes, les tanins et l'anthocyane s'accumulent toujours dans les vacuoles, les graisses se forment en grande partie dans les plastes.

Après avoir précisé dans le cas particulier du blé la nature et le rôle des inclusions de la cellule saine, nous les étudierons dans la cellule affectée par le parasitisme de la rouille.

Bien loin de nous la prétention d'avoir épuisé le sujet, dont la complexité est évidemment indiscutable, néanmoins, nous espérons que ces recherches ouvriront de nouvelles et fécondes voies d'investigations et pourront

étendre nos conceptions scientifiques sur la nature de la résistance.

En terminant cette introduction, nous prions notre savant maître, M. le professeur Dangeard de bien vouloir agréer notre profonde reconnaissance pour nous avoir nourri de ses fécondes et précises conceptions dans nos recherches cytologiques que nous avons entreprises sous sa savante et bienveillante direction.

Nous rendons hommage à M. Foex qui a bien voulu guider nos premiers pas dans nos expériences et essais pratiques pour choisir les semences et faire les inoculations artificielles ainsi qu'à M. Ducomet.

Nous remercions MM. P. Dangeard et G. Arnaud auprès de qui nous avons toujours trouvé le meilleur accueil

Aussi nous sommes heureux de remercier ici M. Dufrenoy et le prier d'agréer un témoignage tout spécial de reconnaissance pour nous avoir conseillé d'entreprendre ces recherches.

CHAPITRE PREMIER

HISTORIQUE

Il n'est pas, en Pathologie Végétale, de problème plus compliqué et obscur que celui de la résistance qui, malgré des nombreuses recherches et des multiples hypothèses mises déjà en avant, reste réfractaire aux efforts de nos savants d'aujourd'hui.

De Barry a, pour la première fois, mis en évidence le phénomène de la pénétration de rouille et son mécanisme dans les céréales. Il a montré, en effet, comment s'effectue l'infection des céréales par le *Puccinia Graminis* (1866). Il a vu la germination des urédospores et la formation des appressoria sur les stomates. Il a donc révélé que la pénétration du parasite s'effectue par les stomates. Donc l'attention des chercheurs qui ont tâché d'établir quels sont les facteurs de la résistance s'est tout naturellement portée sur le mécanisme de ces ouvertures naturelles.

§ 1^{er}. — THÉORIES ANCIENNES

ASSOCIANT LA RÉSISTANCE OU LA SUSCEPTIBILITÉ
AUX CARACTÈRES PRÉEXISTANTS CHEZ LA PLANTE SAINTE.

a) *Théorie mécanique*. — Influence supposée des caractères anatomiques et morphologiques (Cobb, Farrer, en Australie : Une barrière mécanique constituée par un

épiderme épais, recouvert d'un enduit cireux ou de poils et troué seulement de stomates petits constituerait une protection efficace. Tâchons maintenant d'exposer en détail cette théorie dite mécanique qui a préoccupé tant de savants de l'époque. D'après son auteur (Cobb), elle peut se résumer en ce qui suit :

1^o Des blés résistants possèdent des feuilles étroites, raides et dressées, tandis que les blés sensibles ont, au contraire, des limbes larges pendants.

2^o Les parois épidermiques et la cuticle des blés résistants sont épaisses et en particulier celles de l'épiderme supérieur.

3^o Une cuticle épaisse empêche l'urédinée, qui a pénétré dans la feuille, d'y prendre un grand développement et d'y constituer ses fructifications (1).

4^o Les blés résistants ont des feuilles très peu extensibles à l'allongement, cette faible extensibilité étant due au grand développement du sclérenchyme :

5^o Les stomates sont plus nombreux et petits dans les blés résistants que dans les autres.

6^o La matière cireuse qui revêt les feuilles des variétés glauques recouvre en grande partie les stomates si bien qu'elle ne laisse au-dessus de l'ostiole qu'une fente trop étroite pour permettre la pénétration du tube germinatif des urédospores.

Cependant, divers auteurs, tels que Eriksson, Marshall,

1. Cobb montre que dans certaines variétés de blés possédant ces caractères anatomiques l'infection se manifeste sous l'aspect d'une petite tache presque incolore sans aucune apparence de pustule.

Ward, puis Biffen (1908), montrent que la résistance est souvent indépendante des caractères morphologiques; tout au plus peut-on considérer avec Freeman que certaines plantes (disease escaping) échappent à l'« inoculation » par un ensemble de caractères morphologiques heureux. Ces plantes ne possèdent pas pour cela d'immunité les mettant à l'abri de l'« infection ».

Les travaux de Marshall Ward et de ses élèves semblent en effet, ne pas admettre cette théorie mécanique de Cobb. Il a trouvé dans ces expériences des cas où un grand nombre des stomates ont été traversés par des tubes germinatifs, cependant l'infection de la feuille ne s'est guère produite.

De même, miss Gibson, a montré que les urédospores peuvent parfaitement germer sur des feuilles de plantes qui ne sont pas leurs hôtes naturels, pénètrent leurs stomates, mais au bout de quelques jours, le champignon, étant arrivé à la limite de son développement, se ratatine et meurt sans avoir formé de suçoirs. Donc aucune infection n'y a eu lieu. Elle a conclu enfin que la pénétration du tube germinatif ne joue aucun rôle en ce qui concerne la capacité du champignon d'infecter la feuille.

Biffen n'admet pas non plus la théorie de Cobb.

Après avoir entrepris des longues et sérieuses recherches sur des variétés de blé à la fois susceptibles et résistante à *Puccinia Glumarum* il a conclu que les particularités anatomiques formulées par Cobb n'interviennent point dans les phénomènes de la résistance ou de la susceptibilité, puisqu'il a pu montrer que des végétaux qui se comportent différemment vis-à-vis de la maladie,

et ce qui est encore plus concluant de deux plantes semblables dans tous leurs détails anatomiques, l'une peut être résistante et l'autre susceptible. Il a signalé également, comme miss Gibson, la pénétration du parasite ainsi que l'apparition de pustules avortées sur des variétés douées d'immunité, suivies, pour des raisons encore inconnues, par la mort du parasite.

Récemment miss Ruth Allen a montré que les caractères morphologiques et anatomiques, notamment en ce qui concerne le mécanisme des stomates, semblent avoir un rôle important à l'infection des rouilles. Elle a constaté que l'ouverture des stomates chez les céréales douées d'immunité ne livre passage qu'à un dixième des tubes germinatifs des urédospores constituant l'inoculum, tandis que dans le cas de blés sensibles, la plupart des tubes germinatifs y passent aisément. Elle pense attribuer ce fait à la soi-disant fréquence de la fermeture des stomates dans le premier cas, même pendant le jour et à leur ouverture fréquente dans le deuxième; supposition déjà signalée par Loftfield.

Enfin pour C. R. Hursh la dimension et le nombre des poils ainsi que des stomates ne lui semblent-ils avoir aucune importance relativement à la pénétration du tube germinatif; néanmoins il se peut que les mouvements des stomates aient quelque influence sur la pénétration du tube germinatif. Avec Bolley la tendance générale est de penser que la résistance doit tenir plutôt à des facteurs physiologiques qu'à des facteurs morphologiques.

§ 2. — RAPPORT ENTRE LA SUSCEPTIBILITÉ
OU LA RÉSISTANCE ET LES CARACTÈRES CHIMIQUES
PRÉEXISTANTS CHEZ LA PLANTE SAINTE (Comes...)

a) *Acidité cellulaire et résistance.* — Un parasite ne pouvant vivre qu'entre certaines limites déterminées de PH il était naturel de songer à expliquer la résistance d'une plante à tel parasite par le fait que son suc cellulaire n'offrait pas l'acidité convenable.

Cette théorie parut trouver des arguments dans le fait que certaines variations du milieu écologique, fumure, humidité, etc... paraissent aussi, dans une certaine mesure, modifier la résistance vis-à-vis des rouilles.

[Cook, Taubenhau, Hursh].

Comes, dont la théorie s'efforce de mettre en évidence les relations entre la constitution chimique de la plante et les attaques de rouille, pense pouvoir formuler les conclusions suivantes :

1° La réceptivité serait d'autant plus grande que les organes, seraient plus riches en sucre et composés amidés;

2° Les acides libres constituent l'une des armes de défense de la plante contre le parasite;

3° Mis à la disposition des racines, potasse, calcaire, fer, magnésie, augmenteraient la résistance;

4° Le nitrate de soude accroîtrait la réceptivité en réduisant l'acidité du suc;

5° Le sulfate d'ammoniaque, qui augmenterait l'acidité des plantes, les rendait plus résistantes.

Kierchner conclut que l'acidité confère une résistance

à *Puccinia Glumarum*, alors que Santis et Sicca aussi bien que les expérimentateurs de la station de Minnesota ne démontrent pas qu'une relation de cet ordre existe dans le cadre de diverses rouilles.

Pantanelli, en étudiant l'influence que la nutrition, la composition chimique des éléments constitutants de la plante ont sur la réceptivité ou la résistance, a constaté l'inexactitude que les plantes mal nourries soient plus exposées à rouiller, or l'inverse serait plutôt la vérité. Il montre enfin que les conditions qui assurent résistance et réceptivité sont beaucoup plus complexes et difficiles à définir que ne le suppose Comes, dont la théorie a été battue en brèche par de récents travaux de miss Anny M. Hurd d'après lesquels aucune relation n'existerait entre la concentration en hydrogène-ion et la résistance du blé à la rouille; le parasite, dit miss Hurd, doit disposer de diastase capable d'utiliser les matières de réserve de l'hôte. Pour Husrh, les éléments nutritifs fournis à la plante peuvent déterminer chez cette dernière des modifications anatomiques : une fertilisation excessive par les engrais azotés a une tendance à réduire l'importance du sclérenchyme par rapport au collenchyme, seul tissu dans lequel l'urédinée peut se développer dans la tige. (P. Graminis).

b) *Structure, Stéréochimique de l'amidon et résistance aux rouilles.* — D'après certains auteurs, il y aurait concordance entre le groupement des diverses variétés de blé effectuées d'après la structure stéréochimique de leurs amidons et d'après leurs résistances à certaines rouilles (P. Graminis).

D'après Reichert, l'amidon existe sous différentes formes stéréochimiques, spécifiquement définies suivant les variétés, espèces, genres... En se basant sur les particularités de l'amidon, Reichert divise les types d'hôte des formes de *Puccinia Graminis* en deux groupes distincts et correspondant à la classification des formes biologiques, telle qu'elle a été établie par Stakman et Levine, d'après les caractères morphologiques (Stakman et Priemeisel).

De cette théorie, nous dirons seulement que nous ne comprenons pas nettement quels rapports peuvent lier les rouilles vivants dans les feuilles de blé, à la structure d'un amidon qui n'y existe jamais, cependant il faut retenir cette notion très importante d'une relation entre le pouvoir d'élaboration spécifique de la plante et son pouvoir de résistance.

c) *Teneur en dextrose des tissus et résistance.* — D'après von Kierchner la sensibilité de la rouille est proportionnelle à la teneur des tissus en dextrose.

Enfin pour Leach, toute forme biologique de rouille a ses exigences spécifiques au point de vue nourriture, qui sont conformes à la configuration moléculaire de son protoplasme.

Cette nourriture, qui est à son tour spécifiquement en relation avec le protoplasme qui le produit, ne se rencontre que dans un nombre limité d'espèce d'hôtes. Lorsqu'une forme biologique déterminée de rouille envahit une plante qui ne contient pas de nourriture spécifique, le champignon meurt de faim et dans ce processus secrète une enzyme qui altère la cellule de la plante avec laquelle il entre en contact.

§ 3. — RAPPORTS ENTRE LA SENSIBILITÉ OU LA RÉSISTANCE ET LA DURÉE POSSIBLE DE LA VIE EN COMMUN DU PARASITE ET DE L'HÔTE.

(Marshall-Ward, Marryat, Stakman)

Certains blés peuvent être envahis par des rouilles mais tiennent l'infection en respect.

Ce sont les plantes qui tolèrent l'infection les « disease enduring plants » de Freeman, qui réalisent avec leurs parasites un équilibre quasi symbiotique.

D'autres blés, à l'infection de la rouille, subissent une nécrose brutale aboutissant par la mort de la paille infectée et du parasite qui l'avait pénétré, les macules produites s'appellent taches d'hypersensibilité.

D'autres blés enfin sont de la part de la rouille l'objet d'une infection si étendue que leur évolution ne se peut achever.

On peut prévoir que les relations les plus intimes sont celles qui s'établissent entre la rouille et le blé moyennement sensible, celles qui permettent une vie prolongée en commun.

La délicatesse de ces relations est liée à une spécialisation étroite du parasite; c'est-à-dire au fait déjà mis en évidence par Eriksson pour tel type de rouille de ne pouvoir infecter que telle variété de blé.

C'est surtout depuis les remarquables travaux de Stakman et de ses élèves, guidés d'ailleurs par l'importante découverte des « formes spéciales » par Eriksson à qui revient l'honneur d'avoir fourni une démonstration

magistrale de l'existence des formes biologiquement différenciées chez plusieurs espèces d'Urédinée, et d'avoir donné une expression précise à la notion du parasitisme spécialisé, sur les races biologiques de *Puccinia Graminis tritici* que l'importance biologique et économique de la spécialisation parasitaire a pu être appréciée. Vavilov a montré d'ailleurs l'importance de cette notion pour le génétiste qui cherche à créer un hybride résistant.

Stakman, comme miss Marryat, avoue que les facteurs de la résistance sont encore inconnus, néanmoins, il lui semble y avoir un antagonisme bien défini entre la plante résistante et le parasite.

Hursh, de ses études morphologiques et physiologiques de la résistance des blés à *P. Graminis* doit conclure à l'importance des relations physicochimiques entre l'hôte et le parasite.

De ses récentes recherches histologiques sur la résistance à *Puccinia Graminis*, miss Allen pense que la résistance est due non seulement à l'impossibilité de la rouille de s'alimenter aux dépens d'un blé résistant, mais encore à l'excrétion par les organismes en présence de substances mutuellement toxiques.

Enfin il convient de reste d'avouer que la sécrétion supposée par Marshall-Ward, d'antitoxines par le végétal doué d'immunité n'a été mise en évidence par personne et notamment par Leach qui l'a récemment cherchée.

Cependant cette hypothèse paraît s'imposer non seulement à Ward, mais à Marryat, Gibson, Orton, Stakman, R. F. Allen, qui supposent que l'immunité, dans

le cas des maladies des plantes, est due à des actions antagonistes entre hôte et parasite, actions analogues à celles exercées par les toxines et antitoxines spécifiques dans les maladies des animaux.

§ 4. — RAPPORTS ENTRE LA SUSCEPTIBILITÉ OU LA RÉSISTANCE ET LE MODE DE RÉACTION DES CONSTITUANTS CYTOLOGIQUES DE LA CELLULE ENVAHIE.

Certaines plantes peuvent être envahies par des parasites; mais elles limitent l'infection, la localisent, la tiennent en respect, en réalisant avec le parasite un équilibre.

Ce qui explique l'inégale résistance des diverses espèces du même genre, des diverses variétés d'une même espèce, voire même des divers individus d'une même variété, c'est le fait qu'une Rouille ne trouve pas, préexistant dans l'hôte qu'elle va infecter, le milieu qui lui est nécessaire à sa vie, mais que pour évoluer, elle doit provoquer chez son hôte précisément des modifications cellulaires qui assureront sa nutrition et que, suivant nos recherches, dans chaque blé, les chloroplastes réagissent d'une façon différente à l'infection de chaque *Puccinia*; que l'immunité est la conséquence d'une histolyse rapide des chloroplastes, d'une fonte graisseuse généralisée, la réceptivité au contraire est marquée par une longue suractivité des chloroplastes sécrétant, dans les cellules envahies, les substances graisseuses dont le mycélium s'alimente à mesure.

On comprend, dès lors, quel intérêt s'attache à l'étude des plastes dans la cellule saine et dans la cellule infectée. Ce sont les moyens qui permettent cette étude que nous allons maintenant exposer.

CHAPITRE II

GÉNÉRALITÉS

CHOIX DU MATÉRIEL. — MÉTHODE DE SEMIS

Le *P. Glumarum* est connu pour être dans les cultures françaises la rouille la plus redoutable aux blés.

Si les *T. Monococcum* en sont presque exempts, si les *T. Durum polonicum*, *turgidum*, et quelques *dicoccum* sont généralement décrits comme assez résistants, on admet que les *T. Spelta compactum* et la presque totalité des *Vulgare* sont susceptibles (BIFFEN).

C'est-à-dire que seuls quelques blés tendres se montrent résistants, tels sont en Italie le Riéti et le gentil rosso (Pantanelli), en Autriche le Squarehead.

Nous nous sommes procurés chez Vilmorin, les semences d'une vingtaine de variétés de blé que nous avons cultivées pendant deux ans par des semis échelonnés.

Parmi celles que nous avons particulièrement observées et soigneusement enregistrées, pendant la marche de l'infection, au point de vue de leur résistance à la rouille jaune, nous avons retenu, pour effectuer ces recherches, les races suivantes :

Variétés très sensibles :	{ Hybride de Bon Fermier. Hatif inversable.
Variétés peu sensibles :	{ Teverson. Hybride des alliés.
Variétés résistantes :	{ Roseau. Vilmorin n° 23. Carlotta Strampelli.
Variétés très résistantes :	{ Riéti. Triticum monococcum (En grain commun). Triticum dicoccum (amidonniér blanc). Triticum dicocoides.

Ces variétés que la Maison Vilmorin a bien voulu nous fournir ont été semées aux différentes époques de l'année dans le jardin ainsi qu'en pots dans la serre de la station centrale de phytopathologie de Paris d'une part et de celle de la Sorbonne d'autre part.

INFECTIONS EXPÉRIMENTALES DES BLÉS PAR LES URÉDOSPORES DE *PUCCINIA GLUMARUM*

Les urédospores servant à l'inoculation ont été recueillies sur une parcelle de blé de Bon Fermier, à la station de Pathologie Végétale de Paris, fortement atteint par *Puccinia Glumarum*.

Les inoculations ont été faites selon la méthode décrite par STAKMAN et PRIEMEISEL le même jour par-tout.

Les plantes étaient en nombre égal dans chaque pot; elles ont subi les inoculations le jour où elles ont atteint

à peu près 10 centimètres de hauteur (1-2 semaines d'âge selon l'époque de semence). Les doses d'inoculum étaient relativement équivalentes et les urédospores étaient en pleine végétation.

Les plantes ainsi inoculées ont été placées sous cloches humides pendant quarante-huit heures; des fragments de tissus des régions infectées ont été prélevés et immédiatement fixés ou examinés sur place, selon le cas. Cette opération était exécutée tous les jours pendant trois semaines afin de pouvoir suivre plus précisément la marche de l'infection.

Il est à noter cependant, que pour raison de comparaison, plusieurs expériences ont été répétées à intervalles différents avec les mêmes races de blé et la même espèce de rouilles surtout pendant l'an 1924 qui était d'ailleurs exceptionnellement humide ainsi que favorable au développement des rouilles de céréales.

CHAPITRE III

TECHNIQUE

§ 1. — EXAMEN VITAL

Avant de soumettre les tissus à étudier à l'action des différents fixateurs et des colorants, il nous a toujours paru nécessaire de faire une étude vitale de tissus homologues sur des coupes minces simplement montées dans l'eau; puis dans des gouttes de colorants vitaux, c'est-à-dire de solutions de colorants non toxiques au moins à faible dose.

Ces méthodes imaginées pour colorer les tissus vivants ont eu d'ailleurs ce résultat de teindre dans la cellule, non pas le protoplasme vivant (dont le pouvoir réducteur, hydrogénisant les groupements chromatophores, décolore les solutions) mais des enclaves intracytoplasmiques qui se teignent avec une grande intensité sans que soit troublé le fonctionnement de la cellule.

Parmi les colorants vitaux, nous avons employé particulièrement ceux dont M.-P. DANGEARD a tiré un si heureux parti : le rouge neutre, le bleu de crésyl, le violet dahlia et le vert Janus sont d'excellents colorants vitaux pour le cytome ainsi que le vacuome. Nous avons

essayé des solutions isotoniques de ceux-ci dont le degré de concentration par rapport à une cellule et par suite de ses inclusions cytoplasmiques était déterminé par tâtonnement de sorte que cette solution ne provoque de plasmolyse à aucun degré.

§ 2. — EXAMEN POST-VITAL

Dans les solutions colorantes, avons-nous dit, ce n'est pas la cellule vivante tout entière qui se colore ce sont seulement les enclaves.

Le protoplasme, le noyau surtout restent incolores pendant la vie et se colorent après leur mort.

Entre la coloration vitale et la coloration des tissus tués se place la coloration post-vitale. Les coupes sont examinées directement dans une goutte de réactif qui, en tuant les cellules plus ou moins vite, colore certaines substances. Parmi ces colorants post-vitaux nous avons employé :

A. Pour la détection des Polysaccharides (glycogène, amidon) la solution de Lugol qui colore le glycogène en brun, l'amidon en bleu foncé et dont la formule est la suivante :

Eau distillée.....	300 cmc.
Iode crist.....	1 gr.
Iodure de K.....	2 gr.

B. *Recherche des tannins.* — M. P. DANGEARD a bien précisé le parti que le microchimiste peut tirer des divers réactifs des tannins; nous avons employé surtout

le bichromate de K à 3 0/0. C'est un réactif excellent pour mettre en évidence la localisation des composés phénoliques (tannin...) dans les tissus et à l'intérieur des cellules. Les régions à tannin montrent des masses jaune brun précipitées dans les vacuoles.

Nous avons essayé également l'acide osmique à 1 0/0 qui précipite le tannin en noir au sein de vacuole.

C. *Recherche des graisses.* — L'acide osmique réduit aussi les graisses en noir. Mais on a pu montrer écrit PRENANT que cette réaction ne vaut rigoureusement que pour les dérivés d'acides gras non saturés, tels que l'acide oléique. Avec les acides saturés et leurs dérivés, la coloration noire ne s'obtient que par action subséquente d'un réducteur, l'alcool le plus souvent. Nous avons donc opéré ainsi avec succès, dans les cas où cette coloration nous faisait défaut.

La coloration vitale des graisses par le bleu d'indophénol

L'étude microchimique des graisses a fait un progrès décisif depuis l'application à leur détection du bleu d'indophénol naissant.

Le bleu d'indophénol produit par le mélange de paraphénylène-diaminé et d' α -naphtol avait d'abord été utilisé par EHRLICH à la coloration vitale de certains éléments des tissus animaux riches en oxydases.

Mais GRAFF avait bientôt reconnu que, par cette technique « outre les granulations oxydasiques teintées supravitalement en bleu foncé, les graisses peuvent,

elles aussi, se colorer distinctement dans la cellule; bien que cette réaction ait lieu sur le matériel non fixé, cette réaction est supra-vitale ».

ZWEIBAUM ayant remarqué la netteté avec laquelle les graisses sont colorées par le mélange « nadi » et le fait que la teinte bleue qu'elles acquièrent ainsi est beaucoup plus persistante que la teinte des granulations oxydasiques, a proposé pour la coloration des graisses l'emploi du mélange nadi plutôt que celui de la solution de bleu d'indophénol (en lequel d'ailleurs se transforme par oxydation le mélange nadi).

MANGENOT appliquant cette technique à la microchimie végétale reconnaissait que le mélange nadi, colorant spécifiques des graisses dans les tissus animaux, est dans les tissus végétaux un colorant spécifique des graisses ou des huiles essentielles.

Technique de la préparation du nadi

Solution A :

Ajouter 0 gr. 5 d' α -naphtol à 100 centimètres cubes d'eau distillée.

Ajouter 0 cmc. 50 de solution de potasse à 33 0/0.

Chauffer au bain-marie jusqu'à dissolution complète du naphtol.

Solution B :

Dissoudre 0 gr. 5 de chlorhydrate de diméthylparaphénylène-diamine dans 100 centimètres cubes d'eau distillée.

Pour l'emploi, diluer dans 20 centimètres cubes d'eau

distillée 1 centimètre cube de la solution A et 1 centimètre cube de la solution B.

Les limites de la dilution peuvent varier largement ZWEIBAUM indique comme concentration optima du mélange nadi, 0,00014 à 0,00057 pour 100 du liquide où sont placés les êtres vivants ou les coupes à examiner. La solution pourrait d'ailleurs être plus concentrée en restant faiblement toxique : le bleu d'indophénol insoluble dans l'eau mais soluble dans la graisse est utilisé à l'état naissant; l'oxydation à l'air libre du mélange nadi détermine une synthèse progressive de l'indophénol à l'état de suspension colloïdale qui, véhiculée par l'eau, pénètre dans la cellule sans provoquer de plasmolyse, sans bouleverser l'architecture cytoplasmique et sans exosmose concomitante.

L'intensité de réaction du nadi dépend de l'âge des solutions A et B. Les meilleurs réactifs sont ceux qui ne sont préparés que depuis cinq ou dix jours et qui ont été conservés à l'obscurité dans une chambre fraîche, sans avoir été secoués trop violemment.

Le bleu d'indophénol formé *in-vitro* conserve son pouvoir colorant pendant trois jours.

A la solution d' α -nahptol assez rapidement altérable, Mangelot a substitué avec avantage la solution de thy-mol. Le mélange générateur de bleu d'indophénol naissant mérite alors le nom de Thydi.

Fixations et colorations

§ 1. — LES FIXATIONS

Après l'observation faite sur les tissus vivants (feuilles fraîches des blés) sans actions préalable d'aucun réactif fixateur, il faut faire l'observation sur les mêmes tissus préparés par un traitement préalable qui comprend deux opérations.

1^o Une fixation ou coagulation des tissus compliqués souvent par une destruction partielle.

2^o Une coloration.

Le processus de fixation et de coloration ont pour but de coaguler, immobiliser et fixer les inclusions cellulaires sans modifier leur structure normale ainsi que de permettre leur coloration au moyen de teintures appropriées. C'est ainsi qu'on arrive à compléter avec plus de précision les données déjà recueillies par l'étude vitale.

Cependant, chaque fixateur a sur les résultats de l'observation une double action :

1^o Une action directe s'il détruit, solubilise certains constituants cellulaires.

2^o Une action modificatrice de la colorabilité des divers éléments du tissu.

Or, un fixateur ne peut mettre en évidence que quelques éléments des inclusions très variées de la cellule. C'est pour cela que nous sommes amené à employer des réactifs nombreux et très divers afin d'obtenir des conclusions précises.

Nous avons employé les fixateurs suivants :

A. *Fixateurs dits nucléaires.* — Ceux-ci sont supposés conserver la structure naturelle du noyau en altérant plus ou moins celle du cytoplasme.

1^o Liquide de Bouin (Picro formol).

Solution aqueuse saturée d'acide picrique	15 parties
Formol du commerce.....	4 —
Acide acétique cristallisé.....	1 —

2^o Liquide de Flemming (Fort).

Solution d'acide osmique à 2 %.....	15 parties
Solution d'acide chromique à 1 %.....	4 —
Acide acétique cristallisé.....	1 —

B. *Fixateurs cytoplasmiques.* — Ce sont des fixateurs appropriés à la conservation aussi parfaite que possible de l'architecture normale du cytoplasme ou plus exactement ce sont des méthodes de fixation particulier, méthodes dites de fixations mitochondriales.

Ces méthodes sont en petit nombre et on admettait jusqu'ici qu'elles ne devaient faire intervenir ni l'alcool ni l'acide acétique (REGAUD et ses collaborateurs).

La méthode la plus simple est la fixation par le formol commercial.

Mais les méthodes les plus employées associent au formol soit un agent fixateur des graisses, soit un agent fixateurs des tannins, soit mieux encore les deux à la fois.

D'autres formules d'ailleurs ne font pas intervenir le formol.

Bien qu'aucun de ces fixateurs ne soit un fixateur

universel et que, par conséquent, aucun ne suffise à l'étude cytologique d'un tissu, tel fixateur convient plus spécialement pour tel tissu, tel autre pour un autre tissu, en règle générale le choix d'un fixateur est surtout déterminé par la richesse en tannin des tissus à fixer.

Le formol, en effet, employé seul ou dans les mélanges type Bouin précipite les tannins en masses opaques très gênantes pour l'étude, ainsi que l'a montré PETRI.

Ce défaut paraît être corrigé par l'addition au formol de bichromate de potasse.

Le formol d'ailleurs n'insolubilise pas les graisses, pas plus d'ailleurs que son mélange avec le bichromate; d'où l'utilité d'une fixation complémentaire par l'acide osmique seul capable en colorant les graisses de les insolubiliser et de permettre leur conservation dans les coupes traitées par les alcools, le xylol...

Après ces quelques considérations énumérons les fixateurs classiques des méthodes mitochondriales.

Fixation de Regaud. — Des différents mélanges préconisés par Regaud, nous avons fait usage de son liquide IV universellement employé en cytologie. On fixe dans

Solution aqueuse de bichromate de K à 3 0/0..	8 parties
Formol du commerce.....	2 —

Pendant une semaine en changeant le liquide s'il se trouble. Cette fixation est suivie d'un séjour de deux semaines dans un bain de bichromate de K à 3 0/0. Cette dernière opération, nommée post chromisation, nous paraît, d'après nos observations personnelles, nécessaire tout au moins, en ce qui concerne la feuille de

blé. Elle aurait, selon Regaud, pour effet d'insolubiliser les lipoides du cytome et en même temps agirait comme mordant.

Un autre mode de fixation qui nous a donné aussi de bons résultats surtout au point de vue microchimique est celui dont la technique est la suivante :

Solution aqueuse de bichromate de K à 3 0/0. 4 parties
Solution aqueuse d'acide osmique à 2 0/0.... 4 —
Formol du commerce..... 2 —

C'est en somme le liquide de REGAUD additionné d'une certaine proportion d'acide osmique. Il a, parfois, l'avantage de permettre de distinguer les graisses des tannins en colorant les premières en brun intenses par son acide osmique et les derniers en jaune vif par le bichromate.

Nous nous sommes rarement servis des fixateurs BENDA, MEVES, CHAMPY, KULL, et ALTMANN.

A ces différentes méthodes, cependant, nous avons trouvé préférable la méthode de LAGUESSE adoptée à nos besoins particuliers selon les indications du professeur P. A. DANGEARD et dont voici les formules :

	Mélange A	Mélange B	Mélange C	Mélange G
Acide osmique à 2 0/0..	4 cme.	4 cme.	4 cme.	4 cme.
Acide chromique à 1 0/0.	4 —	4 —	4 —	8 —
Bichlorure de platine 1 0/0.	—	II gout.	II gout.	
Acide acétique.....	II gout.	I gout.	I gout.	I goutte

Nous avons employé le mélange G qui nous a donné des résultats supérieurs à ceux que l'on obtient par la

méthode de Regaud. Ce liquide est fort utile non seulement parce qu'il garde au cytoplasme son exacte phy-



Fig. 1. — Notre appareil de lavage

sionomie et en particulier le cytome mais encore parce qu'il agit comme un réactif microchimique, en colorant les globules graisseux en noir grâce à son acide osmique.

S. Kharbush 3

L'opération de fixation est naturellement suivie par les procédés de lavage de déshydratation, d'inclusion dans la paraffine et enfin de sectionnement.

Le lavage parfaitement exécuté étant une opération essentielle d'où dépend absolument la réussite des opérations ultérieures, nous avons réalisé pour le lavage simultané et continu de plusieurs lots d'échantillons l'appareil représenté dans la page précédente.

Un mot sur la méthode d'inclusion choisie

L'inclusion a pour but d'immobiliser les différentes parties de l'organe à couper de telle sorte que dans les coupes collées sur lame les différentes parties conservent leurs emplacements respectifs.

L'inclusion dans la paraffine était généralement considérée comme exigeant une déshydratation complète préalable des organes à couper par l'alcool absolu.

Cette déshydratation achevait de rendre friable et cassant les tissus les plus durs, les plus lignifiés, défaut particulièrement grave dans le cas des feuilles de blé formées naturellement de tissus très hétérogènes, les cellules molles et intéressantes du mésophylle étant encadrées par un réseau de tissu lignifié et minéralisé.

Après nous être assuré qu'elle n'était en rien inférieure à la méthode classique au point de vue de la conservation de la structure cytologique, par des examens comparatifs des mêmes tissus ayant subi les mêmes fixations et soumis les uns à l'inclusion classique après déshydratation, les autres à l'inclusion par la méthode de M^{lle} LAR-

BAUD, nous nous sommes exclusivement servis de cette deuxième méthode et nous la recommandons particulièrement pour l'exécution des coupes de tissus destinés aux recherches de cytologie fine.

Cette technique perfectionnée consiste en l'emploi de l'alcool iso-butylique normal à la place de l'alcool éthylique de commerce dit absolu. Elle supprime ainsi les bains de xylol qu'exige la technique classique.

§ 2. — LES COLORATIONS

Celles-ci sont devenues très complexes et nombreuses. Leur rôle principal est de révéler l'action du fixateur. Nous avons fait usage des méthodes diverses.

Hématoxyline ferrugine de Heidenhain.

Ce colorant est, à notre avis, le meilleur de tous. Il donne d'excellents résultats grâce à la remarquable netteté ainsi qu'à la grande précision des images qu'il fournit. Nous l'avons constamment employé soit seul, soit comme contrôle des autres colorants.

Eau distillée.....	80 cme.
Alcool à 95°.....	10 cme.
Glycérine.....	10 cme.
Hématoxyline.....	1 gr.

En outre, nous avons utilisé d'autres méthodes, telles que la fuschine acide préconisée par Altmann et Küll ainsi que celle introduite par Benda et simplifiée par Mèyes. Cependant ces méthodes sont extrêmement inconstantes dans leurs résultats.

CHAPITRE IV

LE PUCCINIA GLUMARUM

ETUDE MORPHOLOGIQUE DE PUCCINIA GLUMARUM

La plupart des auteurs qui ont étudié les Rouilles des céréales ont été soit des mycologistes, soit des agronomes et ces derniers s'ils reconnaissent bien des variétés de blé semblent moins disposés à reconnaître la diversité des Rouilles.

Nous définirons donc avec précision le *P. Glumarum* d'après ses caractères macroscopiques (qui nous ont servi à choisir le matériel d'étude) et ses caractères microscopiques permettant de contrôler le diagnostic macroscopique; nous nous efforcerons ensuite de définir aussi avec la plus grande précision et en faisant état des caractères cytologiques (nombre des Chromosomes) les blés soumis à l'infection.

Le *Puccinia Glumarum* dont les noms communs étant : Golden Rust ou Yellow Rust en Angleterre, Gelbrot en Allemagne et Autriche, Gubrost en Suède et Danemarck, Rouille jaune en France, Rug gine Striata del Grano en Italie, Stripe Rust aux Etats-Unis, etc., a été signalé pour la première fois en Europe par Schmid en 1827 qui

l'avait décrit sous le nom de *Urëdo Glumarum* tandis que la forme probaside a été découverte en 1894 par ERIKSSON et HENNING. Il a donc reçu le terme *P. Glumarum* (Schm.) Erikss et Henn. Quant à la forme aecidienne elle reste encore inconnue. Il a gagné l'Amérique du Nord vers l'an 1915. Sa distribution géographique actuelle est la suivante : Grande-Bretagne, Suède, Norwège, Danemark, Belgique, France, Russie, Autriche, Algérie, Egypte, Japon et les Indes anglaises. Il n'a pas été encore décrit, à notre connaissance, dans l'Amérique latine, ni en Nouvelle-Zélande non plus qu'en Australie.

Les sores à urédo, se développent surtout à la face inférieure et parfois supérieure des feuilles adultes en petites pustules oblongues ayant jusqu'à 3 millimètres de longueur, disposées en série qui constituent des lignes atteignant jusqu'à 10 centimètres de longueur et parfois confluentes.

Lorsque les urédospores sont seules présentes, et quand les sores sont encore fermés, les lésions de celles-ci prennent une couleur d'un jaune citron, tandis que les sores déjà ouverts acquièrent, au contraire, une couleur d'un jaune orange plus ou moins rougeâtre.

Sur les variétés sensibles, les sores deviennent tellement nombreux qu'ils finissent souvent, en se confondant, par couvrir le limbe tout entier; ils sont moins abondants sur la gaine. Quant aux glumes, l'attaque est plutôt prononcée.

Les jeunes épis étant normalement verts, deviennent sous l'action du parasite, pâle ou vert jaunâtre, grâce à la disparition partielle de leur chlorophyll. Le nombre

et la distribution des glumes envahies sur les épis d'un certain type de blé varient considérablement selon l'intensité de l'infection qui dépend du degré de résistance ou la sensibilité de l'espèce rouillée. Par exemple, chez un blé très sensible, la plupart des glumes sont généralement rouillées et *vice versa*, et tous ces phénomènes d'altérations que nous venons de citer chez le blé sensible se manifestent beaucoup moins quand il s'agit de blé réellement résistant.

Sur les jeunes semis, les sores se montrent en quelques tâches plutôt rondes sans avoir l'air de constituer ces longues lignes en série comme c'est le cas dans les feuilles adultes.

A ce stade de son évolution, le *P. Glumarum* ne se distingue du *P. Triticina* Erikss (Rouille brune du blé), que par la distribution et la disposition des sores de ces derniers, sores qui sont à la fois généralisés et épars sur les deux faces du limbe, fréquemment à la face supérieure et d'une couleur brune ferrugineuse tout à fait caractéristique.

Cette différence marquée entre la disposition et le caractère des sores sur les jeunes feuilles et les feuilles adultes peut elle s'expliquer simplement sur un terrain purement anatomique comme ont tenté de le faire Eriksson et HENNING. Ces deux savants constatent que, dans une jeune feuille succulente de jeunes semis, le système vasculaire est très peu développé; cela, paraît-il, permettrait la pénétration profonde et rapide des filaments mycéliens qui, poursuivant leur chemin normal, produisent ainsi des éruptions irrégulières de l'épidermie

sous forme des sores. Tandis que ce système étant bien développé dans la feuille adulte, il constitue une ligne de défense assez sérieuse à la propagation du parasite et, pour ainsi dire, lui barre la route. Dans ce cas, le champignon se trouve contraint à se confiner superficiellement à une zone bien définie (limitée).

La forme probaside n'est pas rare; elle est abondante surtout pendant l'arrière saison. Les téléospores se rencontrent souvent sur tous les organes où se rencontrent les urédos; elles s'y distinguent seulement par la disposition de leurs sores, disposition généralement en lignes allongées sur la feuille, souvent éparpillée sur les épis, oblongues, de couleur brun foncé ou noir, recouvertes par l'épiderme.

CHAPITRE V

ÉTUDE CYTOLOGIQUE DE PUCCINIA GLUMARUM

Tandis que le *Puccinia Graminis* a fait l'objet d'une description très complète dans l'ensemble des recherches remarquables publiées par SAPPIN TROUFFY, sur les Urédinées, et que cette même Rouille a fait depuis lors l'objet de nombreuses recherches, le *Puccinia Glumarum* paraît avoir été beaucoup moins étudié.

§ 1. — ÉTUDE CYTOLOGIQUE DE PUCCINIA GLUMARUM

Dans l'évolution du *Puccinia Glumarum* nous distinguerons trois stades correspondant à trois types de tissu mycélien dont l'étude morphologique doit être faite séparément.

1^o *Phase de germination (inoculation)*. — La germination de l'urédospore, la formation du tube germinatif et de l'appressorium se font de la même façon sur la feuille du blé sensible ou résistante. A ce moment, la rouille dépend pour sa nutrition des réserves accumulées dans l'urédospore. Cette phase doit donc présenter à

l'étude cytologique les mêmes phénomènes quel que doive être le sort ultérieur de l'inoculation.

Nous étudierons successivement :

L'urédospore mure au repos.

L'urédospore germant.

Le tube germinatif.

Aux points de vue :

Noyau;

Graisses;

Cytome.

Vacuome.

Cytologie de l'Urédospore mure

Examinée en place, dans le sore où l'encadrent les paraphyses, l'urédospore de *P. Glumarum* est de forme variable, globuleuse à ellipsoïde élargie.

La membrane, dépourvue de coloration propre, est quelque peu échinulée, son épaisseur normale (1 à 2 μ) diminue au niveau des pores germinatifs qui sont au nombre de 4, souvent plus.

Les urédospores mesurent 18-24 μ x 24-30 μ d'après nos mensurations, mais nous n'avons pas fait de recherches biométriques spéciales. Elles sont pourvues de deux membranes nommées épispore et endospore; la première est épaisse, incolore; elle est parsemée à la surface de petites pointes, excepté naturellement au niveau des pores germinatifs, qui sont régulièrement espacés dans la zone équatoriale.

Dans l'urédospore mure les deux noyaux, petits sphé-

riques, montrent dans leur hyaloplasme de fines granulations de chromatine.

Les nucléoles sont souvent difficiles à mettre en évidence.

Le cytome est formé à la fois de cytosomes sphériques et mitosomes en bâtonnets courts.

Formée sur blés sensibles, l'urédospore gorgée son cytoplasme de granulations graisseuses.

Sur blés résistants, elle ne peut accumuler de graisse, mais son contenu très vacuolisé, est réduit à quelques trabécules de cytoplasme.

Etudes cytologiques de l'urédospore germant

Les urédospores ont été généralement amenées au contact de la feuille au moyen d'un fil de platine emmanché.

Nous avons vu beaucoup de ces spores germer sur les feuilles où nous les avions déposées par la production d'un tube germinatif poussé à travers un des pores germinatifs de la membrane.

Ce tube germinatif s'applique sur la surface épidermique avec laquelle il se met immédiatement et constamment en contact, épousant la courbure de chaque cellule, pour pousser par la voie la plus directe, son extrémité vers un stomate. La partie vivante du tube germinatif émigre vers l'extrémité, laissant peu de matière cytoplasmique dans les parties plus vieilles du tube.

Dès qu'elle atteint le stomate, l'extrémité du tube se dilate, par suite de l'accumulation du cytoplasme,

pour former l'appressorium, où se concentre la presque totalité de la matière vivante de la spore. Une cloison ne tarde pas à isoler l'appressorium du reste du tube qui, vidé et réduit à son enveloppe délicate, se ride et se flétrit.

Au cours de ce premier stade de la phase d'infection le contenu de l'urédospore se transporte, avec la moindre dépense d'énergie au plus proche point vulnérable de l'hôte.

La jeune urédospore contient deux noyaux allongés qui émigrent, par le tube germinatif, jusqu'à dans l'appressorium où se fait la multiplication nucléaire.

Le cytoplasme, dense et granuleux vers l'extrémité du tube et dans l'appressorium, laisse peu de place au vacuome.

Le cytome est, formé aussi bien dans la jeune urédospore que dans le tube germinatif d'éléments sphériques (cytosomes), colorables vitalement par le vert janus ou par l'hématoxyline après fixation par le Regaud ou le Lagùsse.

§ 2. — PHASE D'INFECTION DU BLÉ SENSIBLE

Apparition du premier suçoir établissant les relations entre la Rouille et l'hôte :

1° Le mycélium, à son début, est représenté par un filament infectant, issu directement de l'extrémité de l'appressorium qui lui cède tout son contenu. Puis ce filament s'allonge et se ramifie, avec un cytoplasme dense et de gros noyaux, tout au long des cellules stomatiques,

puis en rampant sous la face inférieure des cellules épidermiques sur l'épaisseur de quelques cellules. Après cet étalement selon un plan parallèle à la surface foliaire, le mycélium plonge dans le mésophylle.

Les noyaux et le cytoplasme s'y pressent toujours vers l'extrémité des filaments qui se vacuolisent et se vident dans leurs régions âgées, proches du stomate.

Ainsi toute la substance vivante de la spore se prépare à s'assurer un contact intime avec les tissus de l'hôte, auxquels elle va maintenant faire des emprunts pour sa nutrition, au moyen des suçoirs ou haustoria.

Dans le Bon Fermier, lorsque le mycélium très développé s'est glissé entre la plupart des cellules du mésophylle et les a pénétré de ses haustoria, il pousse ses ramifications obliquement et en profondeur jusqu'aux faisceaux vasculaires.

Cytologie des filaments intercellulaires au niveau des suçoirs. — Les filaments rameux et irrégulièrement cloisonnés sont formés d'articles à deux noyaux. Les articles terminaux sont les plus riches en cytoplasmes et en cytosomes qui sont, ici, uniformément sphériques.

Au niveau de l'infection maxima, les articles accumulent naturellement des matières grasses d'abord sous forme de petits globules irréguliers, puis en masses plus considérables. Il reste peu d'espace vacuolaire.

Cytologie des suçoirs. — Les suçoirs les plus récemment formés et activement fonctionnels, que nous appellerons suçoirs-filles se dirigent droit vers le noyau dès qu'ils commencent de pénétrer la cellule. On les rencontre particulièrement au voisinage du noyau qu'ils n'affectent

d'ailleurs pas sérieusement et, laissant prospérer la cellule qu'ils ont pénétré, ils accumulent simplement des inclusions graisseuses.

§ 3. — PHASE DE FRAGMENTATION VÉGÉTATIVE
DU MYCÉLIUM

Le mycélium, lorsqu'il s'est bien installé dans une plage du tissu du blé sensible et qu'il a accumulé assez de réserves, entre alors dans une nouvelle phase d'activité, phase de dissémination par deux procédés :

1^o Formation des filaments homologues des stolons ou gourmands, capables d'aller à distance infecter de nouvelles plages de mésophylle dans la feuille.

2^o Formation des spores capables de propager l'infection sur d'autres feuilles.

Ces deux processus sont préparés par une migration des substances alimentaires vers tels organes périphériques privilégiés. Une petite part de ces réserves va au filament stolonifère, mais la plus grosse partie va aux organes sporifères et s'accumule dans la masse stromatique qui va soulever l'épiderme pour mettre en liberté les spores.

CHAPITRE VI

ÉTUDE CYTOLOGIQUE DES BLÉS

Pour l'étude cytologique des rapports de *P. Glumarum* avec les différents blés, nous adopterions le plan suivant :

Pour chacun des types de blé choisis pour représenter

1 type très sensible (Bon Fermier);

1 type assez sensible (Vilmorin 23);

1 type dit résistant (Rieti. T. Monococcum).

Nous étudierons successivement chez la cellule saine et chez la cellule plus ou moins affectée par l'action parasitaire, la nature et la répartition et la composition des différents constituants de la cellule, vitalement et après fixation.

§ 1. — NOMBRE CHROMOSOMIQUE ET RÉSISTANCE AUX ROUILLES

Les cytologistes modernes trouvant dans la numération des chromosomes un mode de distinction des espèces

ou des variétés, et les génétistes ayant associé le nombre chromosomique à certains facteurs physiologiques tels que ceux de la résistance aux maladies, et dans le cas des blés, certains auteurs (Sax, etc...) ayant établi une relation entre le nombre chromosomique des différents blés et leur résistance aux rouilles, nous avons procédé à la numération des chromosomes pour les divers types de blé qui ont fait l'objet de cette étude.

Cette numération ne pouvant se faire que dans des tissus méristématiques en voie de karyokinèse active, nous avons étudié des coupes de sommets de jeunes racines.

Nous avons observé les nombres suivants de chromosomes dans les variétés suivantes :

	N° de chromosomes
Bon Fermier.....	= 18
Hâtif inversable.....	= 16
Wilhelmine.....	= 14
Roseau.....	= 14
Riédi.....	= 10
Triticum monococcum....	= 8

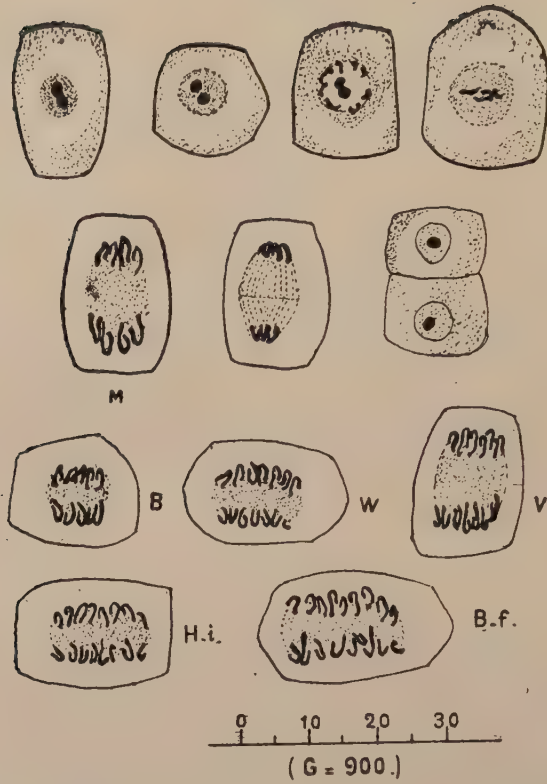


Fig. 2. — T. M. représente les diverses manifestations de la Karyokinèse (prophase et anaphase) de l'espèce triticum Monococcum; B, Riéti; W, Wilhelmine; V, vilmorin n° 23; H.i, Hatif inversable; B. F., Bon fermier.

Nos numérations confirment celles de Sax, de Stakman de Gaines, etc.

D'après les auteurs précités les blés peuvent se répartir en trois groupes :

Groupe à 21 chromosomes.

Groupe à 14 chromosomes.

Groupe à 7 chromosomes.

Les blés à 21 (selon nous à 18) chromosomes que l'on

sait généralement susceptibles à la plupart des formes biologiques de *Puccinia Graminis tritici* et à *P. Triticina* sont aussi, en général, susceptibles à *P. Glumarum*.

Les blés à 14 chromosomes sont moins sensibles.

Les blés à 7 (selon nous à 8) chromosomes (*T. monoccum*) sont les plus résistants (*voir au dos*).

§ 2. — STRUCTURE DE LA FEUILLE DE BLÉ

Pour la feuille de blé nous devons distinguer d'abord les tissus vivants parenchymateux et les tissus morts, mécaniques qui les encadrent ; ces derniers surtout semblent avoir jusqu'ici attiré l'attention des botanistes qui ont étudié les facteurs de la résistance, car ce sont leurs caractères qui présentent au morphologiste le plus de caractères différentiels de variété à variété.

Ce seront cependant uniquement les tissus parenchymateux que nous étudierons ici, car c'est d'eux surtout, sinon exclusivement que dépend la résistance, tout au plus le degré de complication du cloisonnement constitué par le stérome peut il intervenir dans la plus ou moins grande localisation des sores.

Nous rappellerons simplement que les tissus parenchymateux sont isolés dans des cadres de tissus morts qui sont l'assise épidermique, l'enveloppe sclérifiée des faisceaux libéro-ligneux.

De ses faisceaux libéro-ligneux nous n'avons rien à dire puisqu'ils ne nous paraissent pas intervenir par leurs caractères morphologiques dans l'établissement de la résistance.

L'épiderme opposerait une barrière mécanique à l'infection des Rouilles s'il n'était troué de stomates qui, quelles que soient leurs dimensions, sont toujours assez larges pour laisser passer le tube germinatif d'une urédospore.

Seuls peuvent donc nous intéresser de l'épiderme, les facteurs qui augmentent l'adhérence possible des urédospores tombées à sa surface et surtout les caractères qui déterminent le temps pendant lequel cette surface reste rebouverte d'une pellicule d'eau dans laquelle les urédospores peuvent germer.

Nos recherches cytologiques nous ayant montré qu'il n'y a pas préalablement à l'infection de différence cytologique visible, par la technique moderne et les moyens d'investigations dont nous disposons à l'heure actuelle, entre la cellule d'un blé sensible ou celle d'un blé résistant, nous donnerons une description générale des constituants du cytoplasme de la cellule du blé et cette description sera un schéma valable pour tous les cas.

§ 3. — LA CELLULE SAINÉ ET JEUNE DE LA FEUILLE DE BLÉ. EXAMEN VITAL DE COUPES EFFECTUÉES VERS LE POINT VÉGÉTATIF.

1° *Le noyau* est un petit corps sphérique ou ovoïde enfermé au sein du protoplasme. Il consiste en une membrane albuminoïde périphérique très nette qui le sépare du protoplasme et qui se teinte, à l'état fixé, en rouge par le carmin. On y distingue également de petites granulations chromatiques occupant la plus grande

partie du noyau. Enfin le noyau laisse distinguer un ou plusieurs petits corpuscules ovoïdes ou arrondis que l'on appelle des nucléoles. L'espace laissé libre dans le noyau par le filament chromatique est occupé par une substance fluide et homogène, le suc nucléaire, au sein duquel le filament nucléaire se trouve en suspension. Enfin la position du noyau dans la cellule est souvent marginale [voir Pl. 1, Fig. 4].

2° *Le cytome* apparaît, dans les cellules de coupes examinées sans coloration dans un milieu isotonique sous forme d'éléments *toujours sphériques* assez fortement réfringents entraînés par le courant cyto-plasmique. Ils sont repartis plus particulièrement à la périphérie de la cellule autour des plastes. Nous avons pu obtenir leur coloration vitale par le vert janus ou le violet dahlia (solution isotonique) [voir Pl. 9, Fig. 29 et 30].

3° *Le vacuome* ne peut être mis en évidence vitalement qu'après coloration par le rouge neutre ou par un autre colorant vital des vacuoles, qui se montrent alors plus ou moins arrondies, parfois allongées.

4° *Le Plastidome*. — Les plastes et leurs produits de sécrétion. — L'absence d'amidon est un fait constant dans les plastes de la cellule chlorophyllienne de la feuille de blé; des gouttellettes grasses y existent au contraire en abondance; il en résulte que sur les coupes examinées sans coloration les chloroplastes apparaissent rangés au voisinage de la paroi cellulaire comme des corps arrondis, verts, ponctués de points brillants.

Ces inclusions réfringentes peuvent être l'objet de colorations post-vitales par les colorants spécifiques des

graisses et, en particulier, par le bleu d'indophénol qui donne les résultats les plus démonstratifs, les inclusions graisseuses acquérant progressivement au sein du chloroplaste, parfaitement inaltéré, une teinte bleue de plus en plus foncée.

La coloration au bleu d'indophénol faite de façon post-vitale permet de constater que les globules graisseux formés au sein des chloroplastes ne peuvent s'en détacher pour émigrer dans le sein du protoplasme de la cellule saine [voir Pl. 2, Fig. 6 et 8].

§ 4. — ACTION DE LA ROUILLE SUR LA CELLULE DU BLÉ SENSIBLE

L'action de la rouille sur la cellule dépend naturellement, dans une certaine mesure, de la distance qui sépare les deux organismes ou de leur contact, de leur pénétration plus ou moins intime.

Dans une coupe de feuille sensible passant par une tache de rouille, nous avons à distinguer successivement plusieurs zones :

D'abord une zone de cellules suffisamment éloignées de la marge extrême de l'infection pour n'y être pas visiblement affectées.

Puis une première zone où les cellules commencent à manifester une légère hypertrophie, au voisinage immédiat ou au contact des filaments de rouille.

Enfin la zone des cellules pénétrées par les suçoirs où l'hypertrophie devient plus sensible et les modifications cytologiques plus profondes.

*La cellule rouillée du blé sensible :
les modifications des inclusions cellulaires.*

Nous avons étudié les modifications de la cellule au cours des différentes phases de l'infection par les rouilles (urédospores).

Il y a lieu de distinguer au point de vue de la gravité de l'action parasitaire sur la cellule hôte affectée.

1^o Une répartition chronologique.

2^o Une répartition topographique.

1^o Il convient, autant que possible de suivre par des prélèvements effectués à des dates variables après l'inoculation, ce que deviennent les cellules les plus voisines de l'orifice stomatique par où pénètre le filament germinatif, puis les cellules du mésophylle de plus en plus profond.

2^o Cette première étude quoique la plus logique étant pratiquement difficile à effectuer avec rigueur il convient surtout de comparer, dans une même coupe, (c'est-à-dire dans un tissu fixé après une période déterminée succédant à l'inoculation) les altérations présentées par les cellules de plus en plus éloignées du centre d'infection.

Pour la commodité de l'exposé, nous exposerons successivement les résultats de nos observations sur les plastes, les vacuoles, les cytosomes, le noyau.

§ 5. — LES PLASTES ET LA DÉGÉNÉRESCENCE GRAISSEUSE
CHEZ LA CELLULE ROUILÉE DU BLÉ SENSIBLE;
LES TROIS PHASES PRINCIPALES

L'exagération de la formation de la graisse dans les tissus de plantes malades n'était pas un phénomène absolument inconnu puisqu'en 1901, Laurent, par exemple, introduit en pathologie végétale la notion de dégénérescence grasseuse empruntée à la pathologie animale.

D'autre part, dans la deuxième moitié du siècle dernier Nageli, Godlewski, Arthur, Meyer, Zimmermann constataient déjà la présence possible de globules gras dans les plastes.

Buscalioni consacra en 1912, une étude spéciale à ces inclusions des plastes que les travaux de M. P. A. Dangeard et de Guilliermond nous ont bien fait connaître.

Mais malgré quelques recherches effectuées avec divers colorants des graisses, par certains auteurs il ne devenait possible de comprendre véritablement la signification de la dégénérescence grasseuse que par des observations de coupes soumises à une coloration vitale (ou au moins post-vitale) contrôlées par des observations de coupes fixées soumises aux méthodes mitochondriales.

Il faut, en effet, suivre le métabolisme des matières grasses depuis l'apparition des premières inclusions grasses jusqu'à la disparition des masses grasses plus ou moins volumineuses qui ont pu s'accumuler dans la cellule.

Notons tout de suite que la graisse existant à un moment donné peut subir des sorts assez différents.

Il y a lieu de distinguer des globules graisseux qui apparaissent dans les plastes d'une cellule sénile ou parasitée des globules graisseux qui apparaissent au contraire dès les stades les plus jeunes de la vie cellulaire et qui sont, sans doute, des produits de nutrition à forme transitoire.

En somme, ce que nous constatons dans la cellule affectée par le parasitisme des rouilles c'est :

1° Une exagération de la formation des inclusions graisseuses dans les plastes [voir Pl. 3, Fig. 10] ;

2° La sortie de ces inclusions graisseuses et leur mise en liberté dans le cytoplasme en forme des gros globules oléagineux que nous n'avons point observés dans le cytoplasme de la cellule saine [voir Pl. 3, Fig. 9] ;

3° Les globules oléagineux ne s'accumulent pas indéfiniment dans la cellule du blé.

Au contraire c'est le mycélium de la rouille parasite que nous voyons se bourrer de plus en plus de graisse [voir Pl. 3, Fig. 11] ;

De nos observations vitales, confirmées par l'examen des coupes de tissu fixé, il est donc logique de conclure que les graisses formées dans les plastes migrent dans le cytoplasme de la cellule du blé, s'y agglomèrent pendant un temps, puis se divisent de nouveau, s'émulsionnent et passent dans le mycélium de la rouille.

Les plastes sont d'ailleurs plus ou moins gravement affectés par la production de la graisse.

Certains sécrètent pendant un temps relativement long et ne subissent, en somme, qu'une fonte graisseuse partielle.

D'autres, au contraire, sont assez rapidement affectés par une fonte graisseuse quasi complète et disparaissent.

Il convient de noter aussi que la propriété de réduire l'acide osmique jusqu'à l'osmium métallique appartient comme on le sait, aux graisses ou aux composés phénoliques. Or, en ce qui concerne la nature de ces éléments de sécrétion, l'hypothèse de la présence des derniers doit être écartée, car une fixation selon la formule de Regaud n'a révélé aucune trace de ces composés; cependant le fixateur en question conserve ordinairement bien les composés tanniques sous la forme de gouttes ou d'agglomération jaunes. Nous sommes donc portés à supposer avec quelque certitude que ces produits de sécrétion réduisant l'osmium sont bien de la nature des graisses, grâce à leur disposition et leur présence dans le sein du cytoplasme, la variété de leur dimension et leur nombre, ainsi que leur affinité spéciale pour le mélange Nadi.

§ 6. — LES MODIFICATIONS DES CYTOSOMES
ET LE NOYAU DANS LA CELLULE ROUILLÉE
DES BLÉS SENSIBLES

Nos observations sur le vivant contrôlées par l'examen des coupes fixées et colorées par les diverses méthodes mitochondriales, nous ont permis de constater, dans et au voisinage des cellules parasitées, une altération très nette des cytosomes; ceux-ci, qui sont toujours sphériques

dans la cellule saine, s'allongent et prennent la forme de bâtonnet [voir Pl. 7, Fig. 21, 22].

Puis ils ne tardent pas à se vacuoliser, c'est-à-dire à montrer des altérations que montreront toujours ces organites dans un milieu hypotonique; en prenant donc la forme de petites vésicules sphériques qui grossissent peu à peu jusqu'à devenir énormes et à acquérir 3 à 4 μ de diamètre [voir Pl. 7, Fig. 21.

Par contre, le noyau, se modifie peu: il peut se dilater légèrement probablement par suite d'une imbibition exagérée de son nucléoplasme et son réseau devient plus lâche; cependant, il faut admettre que cette sorte d'hypertrophie est beaucoup moins accentuée et relativement insignifiante chez les blés sensibles. C'est pourtant chez les blés sensibles que nous voyons la rouille contracter par l'intermédiaire de ses suçoirs, les relations les plus intimes avec le noyau.

Les vacuoles subissent peu de modifications; elles augmentent pourtant de volume chez la cellule qui s'hypertrophie.

Rappelons que nos observations ont porté comparativement sur l'effet du champignon parasite (*P. Glumarum*). Sur le cytome, le plastidome, le noyau et autres enclaves cytoplasmiques des régions directement envahies, des régions contigües et des régions saines. Observations faites sur le vivant et parallèlement après emploi des méthodes mitochondriales.

Une coupe à travers une pustule produite par le parasite en question peut permettre de comparer sur une même préparation ces diverses zones.

§ 7. — L'ACTION DU PARASITE
SUR LA CELLULE DE L'HÔTE

Cette action grâce à l'intervention des suçoirs se manifeste entièrement dans les assises parenchymateuses de l'hôte ; elle n'a jamais atteint ni la couche sclérenchymateuse, ni les faisceaux libéro-ligneux.

On y assiste, tout d'abord, à un phénomène métabolique tout nouveau et jusqu'ici sans précédent dans l'histoire des recherches cytologiques sur les rouilles des céréales : c'est la présence des phénomènes de sécrétions grassieuses très marquées au sein du cytoplasme des cellules hospitalisées ; or, ce sont les plastes qui sont les élaborateurs principaux de ces globules gras qui, nulle part, ne sont aussi abondants que dans les cellules indirectement sensibilisée (zone de pré-infection). Ces gros globules gras finissent par se résoudre, se désagréger en fines granulations pour passer, ensuite, du cytoplasme aux filaments mycéliens et de là jusqu'à la spore. Ces corps présentent, d'après nos observations, les caractères suivants : brunissement par l'acide osmique, noir-cissement complet par l'hématoxyline ferrique (Laguesse Flemming), coloration bleu foncé par le bleu d'Indophénol [voir Pl. 3, Pl. 6, N° 20 et Pl. 7, Fig. 23].

Le cytome qui est normalement formé des cystozomes sphériques subit, sous l'action parasitaire, des altérations profondes ; il peut acquérir deux formes différentes. Il se gonfle et prend l'aspect de petites vésicules qui grossissent peu à peu jusqu'à devenir énormes. Cette altération s'obs-

serve bien dans la zone de pré-infection tandis que dans la zone directement affectée les cytosomes prennent généralement la forme de petits batonnets. Leur quantité numérique n'est que très peu diminuée; cependant, leur disposition normale change en progressant de la périphérie au centre de la cellule.

On voit donc qu'il y a bien sensibilisation certaine



Fig. 3. — Représente un aspect typique de blé sensible dont les tissus parasités conservent plus ou moins leur structure normale. Bon fermier; 8 jours après inoculation; examen vital dans une solution isotonique de saccharose à 8 %; grossiss. environ 900. A montre la zone directement envahie; B représente, sur la même coupe, la zone de pré-infection où l'hypertrophie cellulaire est très marquée.

par le parasite du cytome, comme, en somme, l'ont déjà décrite certains cytologistes en ce qui concerne l'action des milieux hypotoniques sur le chondriome.

Nous avons réussi à colorer vitalement ces éléments par des solutions isotonique de violet de dahlia et de vert janus.

Les plastes s'altèrent beaucoup moins soit en leur volume soit en leur nombre, ils deviennent pourtant lé-

gèrement diffus et ils se groupent parfois en bandes pariétales; mais ils conservent plus ou moins nettement leur contour normal; donc, la résistance plastidaire reste, chez le blé sensible, sans diminution notable puisque les plastes conservent leur turgescence normale.

Quant au noyau, il paraît encore, dans ce cas, avoir une résistance bien supérieure à celle de n'importe quelle autre inclusion cellulaire.

En général, dans les blés sensibles, les cellules hôtes conservent leur architecture normale; les relations spatiales et la forme des inclusions cellulaires sont respectées malgré le glissement des filaments intercellulaires et la pénétration des suçoirs qui absorbent les produits métaboliques de la cellule restée vivante et bien vigoureuse.

§ 8. — HYPERTROPHIE CELLULAIRE CHEZ LES BLÉS SENSIBLES

L'hypertrophie cellulaire étant l'une des formes les plus banales de la réaction à l'excitation parasitaire, il est intéressant de considérer comment elle peut être observée chez les blés rouillés.

On sait que la condition nécessaire à l'hypertrophie est, une action durable et prolongée du parasite sur l'hôte, c'est-à-dire une vie en commun possible pendant un temps assez long.

Les rouilles peuvent particulièrement bien satisfaire à cette condition et, en fait, nous connaissons beaucoup de rouilles nettement hypertrophiantes.

Chez les blés, nous devons nous attendre à observer

des phénomènes hypertrophiques, notamment chez les variétés sensibles qui laissent agir la rouille pendant quelque temps.

C'est en fait ce que nous avons trouvé.

Notons que c'est à l'augmentation de volume des vacuoles plutôt qu'à celle du cytoplasme qu'est due l'hypertrophie.

§ 9. — ECHANGES ENTRE LE PUCCINIA GLUMARUM ET LA
CELLULE ROUILLÉE DE BLÉ TRÈS SENSIBLE

Le complexe : « cellule de blé rouillé — Mycélium de *P. Glumarum* » doit être considéré comme un système biologique à échanges bilatéraux.

De l'ensemble des phénomènes cytologiques décrits nous pouvons conclure que la cellule sensible du blé rouillé se comporte comme une cellule placée en milieu hypotonique; ce qui est très logique puisque c'est une cellule qui subit une exosmose, ses produits d'élaboration passant dans le mycélium de la Rouille.

§ 10. — LA CELLULE ROUILLÉE DU BLÉ
MOYENNEMENT RÉSISTANT

Les phénomènes cytologiques à décrire seraient naturellement intermédiaires entre ceux que nous avons décrits pour les blés sensibles d'une part, pour les blés résistants d'autre part.

Le fait essentiel est la possibilité pour les plastes de sécréter au moins pendant un certain temps des matières grasses dans la cytoplasme de la cellule affectée [voir Pl. 3, Fig. 12; Pl. 6, N° 20 et Pl. 8, Fig. 24].

§ 11. — LE PUCCINIA GLUMARUM, SUR BLÉ RÉSISTANT

Les plantules appartenant à des variétés résistantes ont fait l'objet des mêmes inoculations que les plantules des variétés sensibles.

La résistance a été mise en évidence par l'étude cytologique.

Les urédospores déposées sur les feuilles des blé résistants y germent aussi bien que sur les blés sensibles; les tubes germinatifs se dirigent directement vers les stomates où se forment les appressoria.

Les filaments mycéliens formés aux dépens de l'appressorium se divisent en articles binucléés chaque noyau étant relativement grand. Ces filaments se glissent entre les espaces intercellulaires; leur cytoplasme est dense et contient de nombreuses inclusions graisseuses; leur cytome est formé de cytosomes sphériques.

A cette première phase, pendant laquelle le mycélium s'accroît aux dépens des réserves de l'urédospore, doit succéder la phase proprement parasitaire pendant laquelle le mycélium emprunte les aliments à son hôte.

Cette phase qui est, pour le mycélium installé dans un blé sensible, la phase d'exploitation de la zone rouillée du mésophylle par la formation d'abondants suçoirs fonctionnels, est très écourtée pour le mycélium qui a pénétré une feuille de blé résistant.

La formation des suçoirs ne se fait pas bien et nous voyons le mycélium, avant d'avoir accumulé des réserves empruntées à la zone de mésophylle où il se trouve, chercher à aller ailleurs.

1^o De longs filaments, explorateurs stolonifères s'allongent en droite ligne vers d'autres régions du parenchyme foliaire et du cytoplasme émigre par leur formation, en s'accumulant toujours vers leur extrémité. Peu de suçoirs sont formés par ces filaments qui tiennent leur énergie des parties plus anciennes du mycélium.

2^o Des filaments sporogènes s'agrègent sous la paroi épidermique, se cloisonnent et forment des urédospores et des paraphyses dont la pression fait éclater l'épiderme.

Ces filaments formés d'articles binuclées, renferment un cytoplasme dense, riche en inclusions graisseuses et en cytosomes sphériques.

Il semblerait donc que le champignon dans ce cas encore prospère, mais il faut remarquer que, comme les filaments explorateurs, les filaments sporogènes se sont formés aux dépens des parties plus anciennes du mycélium intercellulaire ou même des suçoirs qui se sont vidés de toute matière colorable.

La tentative de sporulation épuise le mycélium végétatif dont les articles se vident tous, et cette tentative elle-même est infructueuse, puisque si le cadre des urédospores peut se former, les urédospores elles-mêmes sont pauvres en matière cytoplasmique et ne contiennent entre les deux noyaux que quelques trabécules entourant de larges vacuoles.

Evidemment le comportement du mycélium tend à être le même dans le blé sensible ou dans le blé résistant, si il appartient à la même race biologique de *P. Glumarum*.

Qu'est-ce donc qui diffère dans les deux cas : le comportement de l'hôte et tout spécialement le comportement des plastes et de la cellule hôte.

§ 12. — LA CELLULE ROUILLÉE DE BLÉ RÉSISTANT

Lorsque le mycélium de la rouille pénètre le parenchyme de la feuille d'un blé résistant, des signes réciproques de désordres histologiques ne tardent pas à se manifester.

Le cytoplasme montre une plasmolyse de plus en plus accentuée jusqu'à ce que dans la cellule vidée presque complètement n'existent plus que quelques amas informes.

Le noyau dégénère, se désagrège, perd sa turgescence normale, finit par perdre son contour et sa chromatine et devenir ainsi de moins en moins distinct.

Les cytosomes perdent leur réfringence et leur forme.

Les vacuoles n'évoluent pas, en ce sens que leur volume propre n'augmente pas, bien au contraire leur suc vacuolaire, en se concentrant, laisse précipiter la solution colloïdale de métachromatine sous forme des corpuscules métachromatiques auxquels M. P. A. DANGEARD a réservé le nom d'endochromidies après avoir déterminé leur origine leur nature et leur mode de précipitation sous l'influence des fixateurs.

Les chloroplastes se montrent particulièrement affectés; ils perdent leur forme et leur couleur normale, leur contour devient irrégulier, puis flou. La plasmolyse du cytoplasme les entraîne de leur position marginale nor-

male vers le centre de la cellule où ils s'agglomèrent plus ou moins [voir Fig. 4 ci-après].

§ 13. — DÉGÉNÉRESCENCE DES MEMBRANES DES CELLULES CHEZ LES BLÉS RÉSISTANTS

La cellule du blé résistant réagit violemment à l'infection non seulement par des modifications du cytoplasme et de ses enclaves, mais encore par des modifications de la membrane.

Des épanouissements, des gonflements de la membrane qui acquiert une affinité particulière pour la safranine s'observent assez irrégulièrement d'ailleurs au voisinage du mycélium de *P. Glumarum* et à quelque distance.

(MISS ALLEN avait signalé des faits analogues pour *P. Graminis*):

Les altérations des membranes en particulier lorsqu'elles se font sous forme de lignification ou de subérisation ont été souvent considérées comme ayant une valeur défensive.

Pour faire sentir son action cytolytique, le mycélium n'a pas besoin d'envoyer de suçoirs à l'intérieur de la cellule; il n'est même pas nécessaire qu'il s'applique à la surface et une action à distance peut s'observer.

En fait cependant, l'action du mycélium sur la cellule, si elle n'est pas nécessairement une action de pénétration ou de contact est, du moins, une action de proche voisinage.

Lorsque le mycélium s'applique à la surface d'une cellule, il peut provoquer très rapidement la lyse des chlo-

roplastes les plus voisins de la face intéressée, les chloroplastes de la face opposée conservant encore pendant quelque temps leur aspect normal.

L'intensité de l'action du mycélium sur la cellule n'est d'ailleurs pas obligatoirement fonction de la distance qui les sépare.

§ 14. — ACTION DE LA ROUILLE SUR LA CELLULE DE BLÉ RÉSISTANT

Pour comprendre l'histoire de l'action de la rouille sur un blé résistant, considérons la répartition topographique des cellules également affectées autour du foyer d'excitation que constitue la rouille.

Nous devons alors distinguer trois zones :

1^o *Zone d'hypertrophie cellulaire et de gonflement de la membrane.* — Cette zone est représentée par l'ensemble des cellules situées à quelque distance de la marge extrême de l'infection de la rouille [voir Fig. 4, C. ci-après].

2^o *Zone de plasmolyse.* — Cette zone est représentée par l'ensemble des cellules que commence à affecter directement la rouille.

Ces cellules qui venaient de subir une action hypertrophiante, subissent maintenant une action contraire; leur cadre cellulosique qui était dans la première période trop petit et que refoulait le gonflement du cytoplasme devient maintenant trop grand et laisse un vide de plus en plus important autour du cytoplasme de plus en plus rétracté [voir même Fig. B]

3^o *Zone de cytolyse.* — Aux phénomènes de plasmolyse qui ont provoqué le rapprochement de toutes les en-

claves cellulaires en masse de plus en plus indistincte et ratatinée succède une phase de destruction granuleuse, de fonte généralisée, de mort définitive [voir ici Fig. 4 A.].

Ce qui est intéressant, c'est de comparer l'action hy-

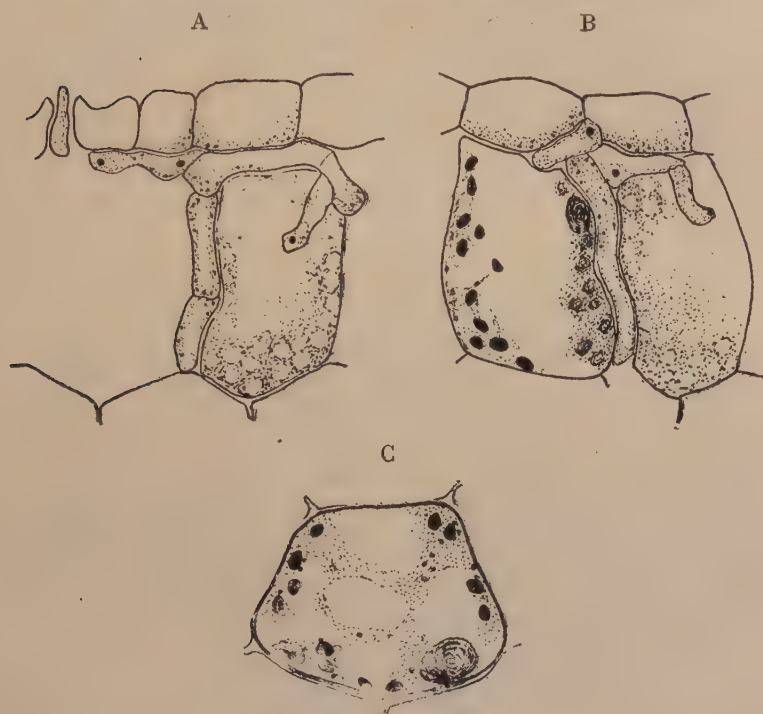


Fig. 4 — Représente le type de blé résistant. *Triticum monococcum* 8 jours après inoculation; examen vital dans une solution isotonique de saccharose à 8 %; grossis. environ 900. A, Zone directement envahie montrant une fonte presque complète du contenu cellulaire (cytolyse); B, zone contigüe ou les cellules deviennent, en grande partie, plasmolysées sous l'action parasitaire (même coupe); C, zone d'hypertrophie cellulaire et de gonflement de la membrane (même préparation).

pertrophiante du *P. Glumarum* sur les cellules de la première zone du blé résistant et de son action hypertrophiante sur les cellules de blé sensible directement affectées et pénétrées par les suçoirs.

En comparant ces deux phénomènes on serait tenté de dire que dans les deux cas, ils seraient la conséquence d'une excitation de même intensité « intensité qui représenterait l'excitation maxima dans le cas du blé sensible, intensité qui représenterait une excitation minima dans le cas du blé résistant où lui succède une action plus brutale » provoquant la mort de la cellule.

§ 15. — ECHANGES ENTRE PUCCINIA GLUMARUM
ET LA CELLULE DE BLÉ RÉSISTANT

Dans le blé résistant, la rouille n'arrive pas à emprunter au blé la nourriture qui lui est spécifiquement nécessaire. Après avoir épuisé les réserves nutritives de son urédospore, le filament infectant meurt.

On peut se demander si n'interviennent pas alors des phénomènes de phagocytose de la part de l'hôte, phénomènes du même ordre que ceux décrits par Magrou et dont la signification reste encore à expliquer.

La cellule rouillée de blé résistant se comporte comme une cellule placée en milieu hypertonique.

Nous pensons donc résumer et schématiser ainsi l'effet du parasite sur son hôte (variétés très résistantes).

1^o *Zone directement envahie.* — Ici les hyphes attaquent dès le début les premières cellules mésophylliennes avec une vigueur extrêmement brutale de sorte qu'ils déterminent successivement leur plasmolyse et leur destruction immédiate avant même que puissent s'y organiser aucune réaction vis-à-vis de l'envahisseur; il en résulte ainsi une fonte générale et presque complète du

contenu cellulaire (cytolypse). Ces phénomènes sont analogues à ceux que Marshall Ward avait observés dans le cas de *P. Dispersa*.

Les plastes, le cytome et les noyaux se désagrègent en constituant avec les parois cellulaires des masses informes de teinte rouge; la dissolution, la fragmentation ou la vésiculation du cytome s'effectuent instantanément, les uns se trouvant réduits en une masse poussiéreuse formée de fines granulations irrégulières les autres subissent un processus de vésiculation nettement alvéolaire [voir Pl. 4].

2° *Zone de pré-infection*. — Dans cette zone située à une certaine distance de la précédente, les cellules parenchymateuses deviennent en grande partie plasmolysées sous l'influence du parasite; le protoplasme se contracte, les enclaves cytoplasmiques se désorganisent; les éléments du chondriome et du plastidome se raréfient et les rares éléments persistants manifestent des déformations nettement visibles et sont refoulés par la contraction de la masse protoplasmique déjà plasmolysée, dans une zone pariétale de la périphérie cellulaire ou bien encore vers le centre même de la cellule éprouvée.

Les noyaux, dont la taille va en diminuant, se désagrègent et deviennent de moins en moins distincts : ils finissent par perdre leur contour régulier et leur chromatine.

3° Enfin dans la région adjacente, où l'influence du champignon ne peut être ressentie que par l'intermédiaire des cellules elles-mêmes affectées, nous constatons une nécrose des tissus sensibilisés; une stimulation d'allongement et parfois de cloisonnement des cellules,

épaississement de membrane, en somme une hypertrophie cellulaire générale.

On y trouve les chloroleucites diffluentes et accolés en chapelet moniliformes pariétaux; le cytome se transformant en grosses corpuscules vésiculeuses et complètement alvéolaires; et enfin les noyaux qui augmentent, en se gonflant considérablement en volume finissent par devenir réticulés. Bref, le noyau et les plastides perdent leur importance à mesure que les cellules sont plus directement affectées par la rouille jusqu'à disparaître totalement dans la masse confuse des produits de la cytolyse [voir Pl. 4 et Pl. 6, N° 19].

Enfin, nos recherches microchimiques nous ont donné des résultats négatifs en ce qui concerne la détection des graisses au sein du cytoplasme de blés très résistants tels que le *Triticum monococcum* et Riéti, etc... Cela nous amène donc à conclure qu'il n'y a pas eu sécrétion de corps gras, sous l'action parasitaire du *Puccinia Glumarum* par les plastes seuls responsables de ce phénomène de métabolisme cellulaire. Les processus d'altération étant trop brutaux pour que la sécrétion des graisses ait eu temps de se produire.

Ce résultat est tout à fait l'opposé de celui que nous avons pu obtenir dans les cas de blés sensibles et, en particulier, dans les variétés très sensibles tels que le Bon Fermier, le Hatif inversable, le Noé, le Japhète, etc., cas où la sécrétion graisseuse est le fait fondamental, sécrétion considérable rejetée par les plastes dans le cytoplasme des cellules parasitées [voir Pl. 2, Fig. 7; Pl. 5, Fig. 15, 16, 17 et Pl. 4, Fig. 13].

Par contre, nous avons rencontré un phénomène nouveau chez le blé très résistant, phénomène que nous n'avons jamais rencontré chez le blé sensible et qui intéresse le vacuome. C'est la présence d'une précipitation considérable de composés phénoliques riches en corpuscules métachromatiques dans le suc vacuolaire des cellules affectées [voir Pl. 4, Fig. 14; Pl. 5, Fig. 17; Pl. 6, Fig. 19 et Pl 8, Fig. 25 st 27].

En résumé, les tentatives d'infection du blé résistant par *P. GLUMARUM* montrent successivement une première phase de développement prospère du mycélium aux dépens des réserves de l'urédospore.

Une deuxième phase de migration des réserves de l'urédospore des parties âgées du mycélium qui se vident et deviennent vacuolaires, vers les extrémités des filaments mycéliens (phase d'autophagie).

Une troisième phase : Mort du mycélium affamé.

§ 16. — DISCUSSION DES CONDITIONS NÉCESSAIRES.

A LA FORMATION DES URÉDOSPORES

Les urédospores ne se forment abondamment que sur les blés sensibles où le mycélium a pu accumuler de grosses réserves de graisses. Elles peuvent se former sur blés résistants mais médiocrement grâce aux quelques réserves qui se trouvent encore dans les extrémités de quelques vieux filaments mycéliens où suçoirs que ceux-ci leur envoient; ainsi elles ne tardent pas à se vider et de venir plus ou moins vacuolaires sur les blés résistants qui ne permettent pas à leur parasite d'accumuler des graisses.

CHAPITRE VII

Le vacuone des variétés résistantes.

Composés tanniques et résistance.

Les recherches de M. Dangeard ont montré que le mode de formation de l'anthocyane est un cas particulier du phénomène général de la formation des vacuoles.

Dans ces vacuoles, M. Dangeard a toujours trouvé une substance qui possède un fort pouvoir électif vis-à-vis des divers colorants vitaux et qui existe normalement à l'état de solution colloïdale dans le suc vacuolaire d'où l'action des colorants vitaux et des fixateurs peut la précipiter à l'état de granulations métachromatiques. Cette substance, que M. Dangeard identifie avec la métachromatine de Guilliermond, est assez souvent unie aux composés phénoliques composés incolores ou composés anthocyaniques dont le rôle chez les tissus rouillés mérite une étude spéciale.

Rouilles qui provoquent le rougisement

Parmi les divers produits du métabolisme cellulaire ce sont peut-être les composés phénoliques auxquels il convient d'attribuer un rôle prépondérant dans certains phénomènes liés à la faculté pour un hôte de limiter l'in-

fection parasitaire ou du moins de réaliser avec le parasite un équilibre quasi-symbiotique et à cet égard il convient de distinguer les organes qui rougissent sous l'influence de l'infection des organes qui ne rougissent pas.

Il est bon d'appeler l'attention sur les sérieuses recherches de Cook et Taubenhaus qui ont montré la sensibilité remarquable que possèdent un grand nombre de champignons vis-à-vis de tannin, surtout les champignons parasites. Ils ont trouvé une enzyme (oxydase) qui a produit du tannin en réagissant sur l'acide gallique. Ils croient pouvoir affirmer que l'abondance de cette enzyme dans certains fruits serait en corrélation étroite avec leurs propriétés de résistance aux maladies :

Donc, ils ont été amenés à conclure que le tannin peut jouer, en effet, un rôle important dans les phénomènes de la résistance.

De même Knudson a montré, lui aussi, que l'*Aspergillus* et le *Penicillium* peuvent utiliser le tannin comme source de Carbone par l'intervention d'une tannase (Enzyme).

Il n'en faut donc pas conclure que les composés phénoliques ne jouent aucun rôle dans les phénomènes de résistance des graminées, puisque nous avons signalé l'accumulation dans le suc vacuolaire des blés résistants à *Puccinia Glumarum* de tels composés phénoliques.

Maintenant nous savons qu'il existe des rouilles qui provoquent le rougissement anthocyannique des organes rouillés et des rouilles qui ne provoquent aucun rougissement; les rouilles des céréales appartiennent à cette deuxième catégorie, à quelques exceptions près (*Puccinia Maydis* et *P. Sorghü*).

Pour préciser davantage, nous étudierons maintenant un des quatre cas, que nous avons étudiés, de roui les provoquant le rougissement ; les voici :

1) *Puccinia Graminis* sous la forme écidienne sur *Berberis Vulgaris* (épine vinette).

2) *Puccinia Jueliana* sous la forme probaside sur *Saxifraga Aizoides*.

3) *Roestelia Lacerata*, forme écidienne de *Gymnosporangium clavariæforme* sur *Cratægus Oxycantha*.

4) *Roestelia Cornuta* forme écidienne de *Gymnosporangium juniperinum* sur *Sorbus Aucuparia*.

Prenons comme exemple la forme écidienne de *P. Graminis* sur l'épine vinette que nous avons spécialement observée et examinons des coupes fixées par Laguesse et Regaud.

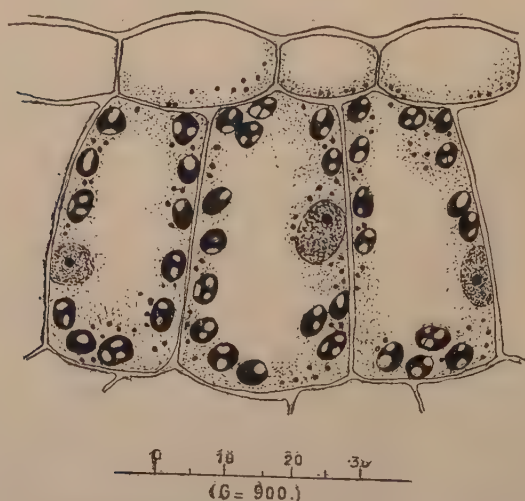


Fig. 5. — A représente la région saine; les plastes renferment de l'amidon en grande quantité (ponctuations incolores au sein des plastes; absence du tannin ainsi que de graisse au sein du cytoplasme. (méthode de Laguesse).

Région saine

Les plastes sont bourrées d'amidon.

Le cytoplasme est dense renfermant des vacuoles petites et rares. Il n'y a pas de tannin, ni de graisse. Les noyaux sont sphériques à nucléoles arrondis [voir Fig. 5, A. au dos.

Région limite :

Les plastes se réduisent à un groupe de grains d'amidon. Dans le cytoplasme apparaissent des inclusions tanniques, surtout dans l'assise sous épidermique ; le cytoplasme se réduit à des trabécules où se groupent les cytosomes. Le noyau commence à s'hypertrophier par augmentation de volume du nucléoplasme et le réseau chromatique devient lâche.



Fig. 5. — B Montre la zone limite où les plastes se transforment en nombreux grains d'amidon incolores ; quant aux cytoplasme, il renferme des inclusions phénoliques en grandes quantités colorées en noir par l'hématoxyline et en jaune doré par le bichromate de potasse (Regaud). Le noyau subit une hypertrophie considérable.

Région d'hypertrophie :

Il n'y a plus de trace de plastres. Les grains d'ami-

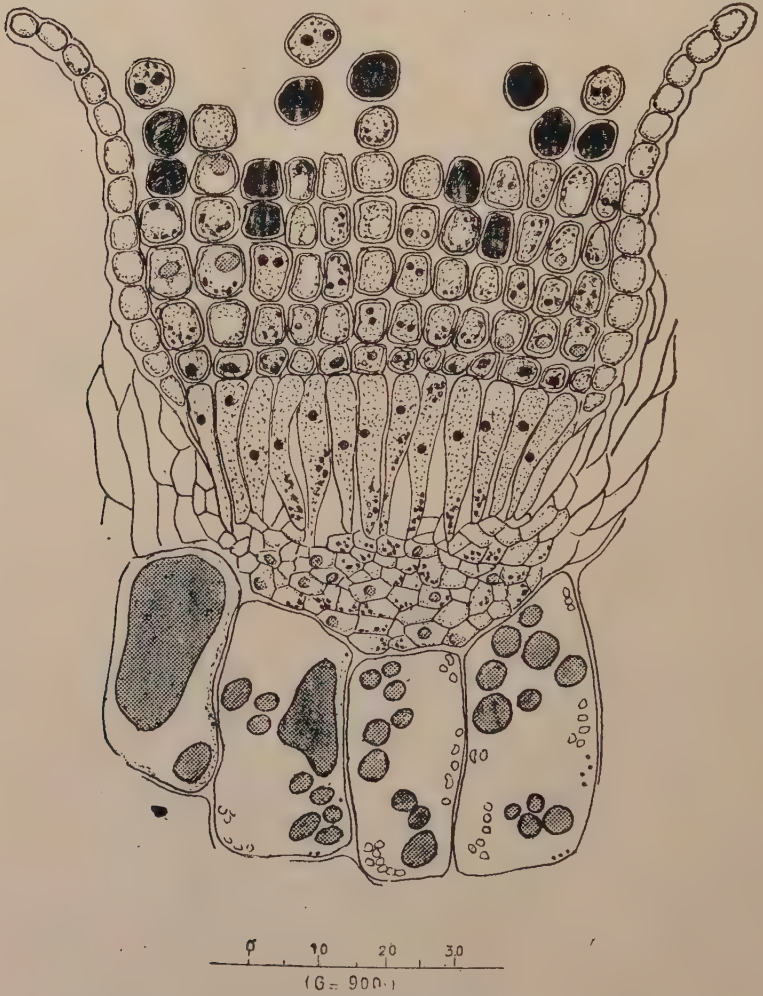


Fig. 5. — C représente la région directement attaquée, où les plastes et les noyaux sont complètement disparus; tandis que les grains incolores d'amydon se trouvent refoulés dans la couche pariétale du cytoplasme; le reste de la cellule est devenu un énorme ou plusieurs sacs à tannin remplissant les cavités cellulaires. (Regaud).

don sont refoulés dans la mince couche pariétale de cytoplasme où le noyau n'est plus visible, par la dilatation de la vacuole centrale tannique; la cellule est devenue un énorme sac à tannin; elle est colorée dans sa masse en noir bleu par l'acide osmique et en jaune doré par le bichromate de potasse (Laguesse, Regaud).

L'ÆCIDIUM

Celui-ci est au début formé d'un plexus d'hyphes uninuclées au milieu duquel se différencient un tissu gélatineux (stérile), et en dessous les premières cellules binuclées. Celles-ci donnent des bouquets d'hyphes à deux noyaux qui pénètrent les tissus gélatineux; quelques cellules basales détachent rapidement des chaînes de grandes cellules qui forment l'opercule du péridium et les écidiospores.

L'opercule du péridium est formé par les cellules terminales des chaînettes des spores, sa paroi latérale est constituée de deux assises dues à l'activité des cellules périphériques de la base. Les filaments intercellulaires formés d'articles uninuclées renferment quelques inclusions tanniques sous forme de corpuscules métachromotiques; les articles deviennent binuclées et forment des écidiospores binuclées. Le protoplasme contient quelques granulations réfringentes qui se colorent en bistre par l'acide osmique (graisse) (voir fig. V, C).

L'étude de trois autres cas nous a fourni des résultats analogues en ce qui concerne le processus d'élaboration des composés phénoliques chez les organes rouillés.

Conclusion :

Comment ce phénomène d'élaboration des composés phénoliques sous l'action parasitaire peut-il s'expliquer? Nous croyons qu'à l'heure actuelle encore personne n'est parvenu à nous renseigner d'une manière satisfaisante de la nature aussi bien que des différentes propriétés chimiques de ces composés tanniques extrêmement complexes. Nous n'oserons donc tirer aucune conclusion de ou des rôles qui pourraient jouer ces produits tanniques dans les tissus rouillés.

Cependant l'accumulation de ces inclusions phénoliques dans le suc vacuolaire de blé résistant rouillé, quelle que soient les lacunes de nos connaissances dans ce sujet complexe, nous laisse croire que tel métabolisme cellulaire ne saurait rester absolument indifférent aux phénomènes de la résistance. Il est donc permis, sans dépasser la portée des faits acquis, de pressentir qu'il sera un jour possible de mettre en évidence, les différentes constitutions chimiques ainsi que les caractères microchimiques de ces composés complexes afin de pouvoir se prononcer avec plus de certitude sur leur rôle dans les phénomènes de la résistance.

En effet serait-ce plutôt dans le domaine des recherches qualitatives que quantitatives des composés en question qu'il faudrait diriger les investigations futures pour arriver à résoudre ce difficile problème! En voici un exemple frappant :

C'est le fait que le châtaignier japonais (*Castanea Crenata*) résiste incontestablement à la redoutable maladie de l'Encre causée par le *Blépharospora Cambi-*

vora (Petri), « en réagissant au dit-parasite par une cicatrisation rapide limitant par des assises de phéllogène la zone nécrosée » (Pétri); tandis que le châtaignier français lui est au contraire réceptif,

Maintenant en admettant ici l'hypothèse de Cook et Taubenhäus c'est-à-dire que le tannin, outre cette formation rapide et profonde du phellogène chez le *Castanea Crenata*, soit un autre facteur de résistance, ce qui est d'ailleurs probable, il faut tenir compte non seulement de sa quantité mais surtout de sa composition chimique (qualité). Petri écartant l'hypothèse d'une différence sensible au point de vue quantitatif de tannin dans le suc cellulaire des châtaigniers Japonais et français, décrit « si l'analyse macrochimique du parenchyme cortical du *Castanea Crenata* révèle une teneur en tannin de 7,40 % très légèrement inférieure à celle du châtaignier français, la cause en est dans la plus grande richesse en fibres libériennes de l'écorce du *Castanea Crenata*, fibres ne contenant pas de tannin et occupant la place d'un certain nombre de cellules parenchymateuses tanifères ». « L'analyse microchimique, continue-t-il, ne montre pas en effet, de différence appréciable dans la teneur des cellules de l'un ou de l'autre châtaignier en acide quercitannique ou en acide gallique : Cependant l'oxygène atmosphérique brunit plus rapidement et plus profondément l'extrait tannique de *Castanea Crenata*. »

La constitution chimique de deux extraits ne serait donc pas la même. Ce phénomène reste encore à élucider par de nouveaux procédés d'investigation.

CHAPITRE VIII

CONCLUSIONS AGRONOMIQUES

CONSERVATION DES URÉDOSPORES :

Si les urédospores formées en automne sont encore susceptibles de germer au printemps, la propagation des rouilles d'une année à l'autre se comprend aisément.

Pendant l'hiver et le printemps 1923-1924, nous avons à ce point de vue poursuivi un certain nombre d'essais de germinations d'urédospores.

Les urédospores recueillies aux différentes époques sur des blés tardifs cultivés pendant l'hiver et le printemps étaient mises en germination.

Leur germination quoique capricieuse était toujours manifeste.

De sores en apparences desséchés, il est possible, par grattage des tissus rouillés, d'obtenir des fragments portant des urédospores capables de germer en chambre humide.

Des coupes faites au niveau de ces sores montrent que le mycélium intra mésophyllien y est resté riche en protoplasme.

§ 1. — COMMENT LE PUCCINIA GLUMARUM SE CONSERVE
PENDANT L'HIVER

La seule forme de propagation actuellement connue pour le *P. Glumarum* étant représentée par les urédospores il faut étudier maintenant dans quelles conditions ces urédospores, qui peuvent pendant toute la belle saison disséminer la rouille d'une région à l'autre, peuvent assurer pendant l'hiver la conservation de la maladie.

1^o Les invasions printanières sont-elles liées à une germination d'urédospores sur les feuilles ?

2^o Les urédospores que l'on peut observer au cours de l'hiver, à la fin de l'hiver ou au printemps sont-elles des urédospores formées à l'automne et restées pendant l'hiver à l'état de vie latente ou sont-elles au contraire formées à mesure sur de vieux sores, aux dépens de mycélium hivernant dans les feuilles rouillées des blés qui continuent à végéter pendant l'hiver ?

§ 2. — CONDITIONS ÉCOLOGIQUES ET GERMINATION
DES URÉDOPSOIRES

La production des urédospores dépend évidemment des conditions climatériques agissant à la fois sur l'hôte et sur le mycélium.

Les urédospores une fois formées peuvent attendre plusieurs mois que se réalisent les conditions favorables à leur germination.

Le mycélium qui faute de conditions météorologiques

favorables n'aura pas pu produire des urédospores pourra conserver ses réserves pendant plusieurs semaines pour attendre que se réalisent les conditions leur permettant de produire les urédospores.

Qu'à une période quelconque donc, une source suffisamment abondante d'inoculum prenne naissance une période de temps froid et humide intervienne, une explosion grave de rouille se produira sur les blés.

Pas plus que Hungerford nous n'avons constaté la nécessité de l'action de basses températures pour restituer aux urédospores passées à l'état de vie latente pendant la période d'hibernation l'activité nécessaire à leur germination, nécessité que Eriksson et Henning avaient cru constater; la plupart des auteurs s'accordent à reconnaître que dans les blés qui passent l'hiver, le mycélium peut parfaitement rester vivant au niveau des tâches de rouille, alors même que leur évolution paraîtrait arrêtée.

Eriksson, Henning, Rostrup... ont bien reconnu la continuité possible de la végétation de la rouille grâce à l'infection automnale des blés d'hiver et la conservation du mycélium dans ces blés au cours de la mauvaise saison.

Hecke en Autriche ayant vérifié que le *P. Glumarum* supporte des gelées de — 9, — 10 degrés, il semble bien que cette rouille résiste aux plus grands froids que puisse supporter son hôte.

Les coupes que nous avons pratiquées au cours de l'hiver de sores en apparence desséchées, nous ont montré un mycélium profond en bon état de vitalité.

Une troisième hypothèse peut être envisagée, celle où le blé n'est pas le seul hôte possible du *Puccinia Glumarum*, mais où diverses graminées sauvages hébergent, parmi les rouilles morphologiquement identiques à *P. Glumarum* qui y ont été étudiées, des formes capables de venir infecter le blé pour y produire la rouille.

D'après Hungerford, l'orge et le seigle et 39 espèces de graminées sauvages sont susceptibles d'héberger une rouille morphologiquement identique à *P. Glumarum* du blé.

Le fait que la rouille jaune de l'*Hordeum* ou de *Bromus marginatus* (mauvaises herbes très fréquemment rouillées aux Etats-Unis) peut passer sur le blé est une preuve que des graminées sauvages peuvent jouer le rôle de vecteurs de germes d'une année à l'autre puisque pendant tout l'hiver, certaines graminées continuent de végéter et peuvent conserver, dans leur tissus, mycélium et urédospores.

Enfin un quatrième mode de propagation des germes de rouille peut être lié à la présence des urédospores de la plante mère à la surface des grains de l'épi, puis à la persistance, après battage, de ces urédospores entre les poils du grain de semence. Ces urédospores sont naturellement bien placées pour infecter la jeune plantule après la germination et il suffirait de quelques plantules rouillées pour créer autant de foyers de dispersion de la rouille dans les cultures.

Conclusion. — La propagation de la rouille jaune peut être schématisée selon l'un des cycles suivants :

Avant la moisson	Après la moisson
Plante mère rouillée :	<i>Grain</i> → plantule.
→	Chaumes persistants après la moisson.
→	Céréales éparses dans les cultures diverses ou graminées sauvages.
→	Plantules de blé d'hiver après la levée.
→	Mycélium hivernant (dans les ou organes Urédosposes hivernant } rouillés.
→	Mycélium reprenant son activité ou
→	Urédospores germant au printemps
→	Ecidies encore inconnues.

§ 3. — SÉLECTION DES BLÉS RÉSISTANTS A PUCCINIA GLUMARUM

Divers auteurs, en particulier Litvinov ont montré que les diverses lignées pures d'un même blé, offrent à *Puccinia Glumarum* une susceptibilité plus ou moins grande; une lignée pure de T. Monococcum var Horne-
manni résiste aussi bien à *P. Glumarum* qu'à *P. Graminis* alors que la variété *flavescens* est assez sensible à *P. Glumarum*.

Nos recherches cytologiques ont permis de comprendre pourquoi non seulement les diverses espèces de blé, mais encore les diverses variétés d'une même espèce sont très inégalement susceptibles à la rouille jaune tout dépendant du comportement des plastes, comportement lié évidemment à des facteurs génétiques héréditaires.

Pour obtenir des blés résistants à la rouille jaune, deux modes opératoires peuvent être employés :

Premier mode. — Emploi des variétés qui combinent à une résistance suffisante des caractères agronomiques désirables. Sélection au sein de cette variété des lignées les plus résistantes. Cette sélection, jusqu'ici guidée par la seule observation de la résistance dans le champ au cours de plusieurs saisons, peut être contrôlée maintenant par l'examen cytologique qui, d'après nos recherches, permet d'apprécier le degré de résistance ou de susceptibilité.

La sélection des blés résistants à la rouille jaune ne peut se faire scientifiquement que par voie « *pedigree* ».

Elle doit se proposer d'isoler d'une « espèce » les lignées les plus résistantes, car les espèces de blé sont des complexes d'hétérozygotes où le facteur résistance est plus ou moins masqué : de chaque espèce on peut tirer un certain nombre de lignées pures offrant chacune aux rouilles une inégale résistance; *sélectionner un blé résistant, c'est, d'une espèce groupant des individus résistants dans l'ensemble, isoler les sujets les plus résistants.*

La distinction des lignées pures s'impose d'ailleurs non seulement pour l'hôte parasité mais encore pour le parasite, car il est possible que le vocable *P. Glumarum* groupe en fait une collection de formes inégalement capables d'affecter les différents blés, puisque nous savons que l'appellation *P. Graminis* groupe en fait, un grand nombre de formes biologiques dont le comportement vis-à-vis des différents blés est très variable.

Deuxième mode. — Création d'hybrides résistants par croisement de blés reconnus résistants, mais peu inté-

ressants ou intéressants (à la rigueur) au point de vue agronomique, avec les blés sensibles mais possèdent d'heureuses aptitudes agronomiques.

Le contrôle par l'examen cytologique de la résistance des hybrides permettra peut-être leur classement rapide, la mise en évidence des formes intéressantes et le rejet des hybrides non désirables.

CHAPITRE IX

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

On peut interpréter de la façon suivante les résultats des recherches que nous venons d'exposer pour les blés que nous avons étudiés :

1^o *Chez le blé très sujet à la rouille jaune.* — Dans ce cas l'hôte se laisse envahir par le parasite, non seulement parce qu'il ne lui oppose aucune réaction défensive, mais il lui fournit de plus les aliments nutritifs qui paraissent indispensables à son existence et qui sont, par excellence, les graisses que les plastes lui secrètent bien volontiers.

2^o *Chez le blé très résistant à la rouille jaune.* — Tandis que c'est le contraire qui se manifeste lorsqu'il s'agit du blé réellement résistant; là les tissus hospitaliers opposent une arme toute puissante à l'envahisseur, arme qui ne tarde pas à assurer sa complète destruction. Ce moyen de défense consiste pour le blé résistant à refuser à la rouille les aliments qui lui sont nécessaires. En effet, les plastes lui refusent la sécrétion graisseuse.

Ce métabolisme cellulaire, fort curieux d'ailleurs nous l'avons parfaitement mis en évidence par le simple fait que nos recherches cytologiques ont montré la non sécrétion de corps gras aussi bien avant qu'après

l'infection, dans les tissus résistants, ainsi que leur présence seulement après l'infection au sein du cytoplasme des tissus sensibles à cette espèce particulière des rouilles des céréales.

Or, résistance ou susceptibilité ne dépendent pas de caractères préexistants décelables chez la plante saine.

Le sort de la rouille jaune dans le blé dépend de la façon dont les cytoplasmes et ses inclusions vont modifier leur métabolisme.

Le cytome contrairement à ce que divers auteurs avaient pu supposer, assiste indifférent aux modifications plus ou moins heureuses que subit l'ensemble de la cellule menacée d'infection.

Le vacuome ne paraît pas jouer le rôle actif dans la cellule rouillée du blé sensible. Son rôle ne devient apparent que dans la cellule du blé résistant qui produit du tanin en quantité excessive.

Mais l'agent décisif de la susceptibilité, c'est le plastidome.

La réceptivité n'est que la manifestation de la tolérance de la rouille par son hôte; elle est marquée par une longue suractivité des chloroplastes secrétant, dans les cellules envahies, les substances grasses dont le mycélium s'alimente à mesure.

La résistance est la conséquence d'une histolyse rapide des chloroplastes.

BIBLIOGRAPHIE

- AMODT (O. S.). 1923. — The inheritance of growth habit and resistance to stem rust in a cross between two varieties of common wheat, *Journ. of Agric. Research*, 24, 457-469 illus.
- ALLEN (RUTH. F.). 1921. — Resistance to stem rust in kanred wheat. *In Science*, n. s. v. 53, n° 1382, p. 575-576 (preliminary report).
- 1923. — A cytological study of infection of baart and Kanred wheats by *Puccinia graminis tritici*. *In Journ. Agr. Research*, v. 23, p. 131-132, 6 pl. Literature cited, p. 149-151.
- ARMSTRONG (S. F.). 1922. — The mendelian inheritance of susceptibility and resistance to Yellow rust (*Puccinia glumarum* Erikss. et Henn.) in Wheat. *In Journ. Agr. Sc.*, v. 12, p. 57-96. List of papers referred to in the text, p. 96.
- ARTHUR (J. C.). 1903. — Problems in the study of plant rusts. *In Bull. Torrey Bot. Club.*, v. 30, p. 1-18.
- 1920. — Aecidiaceae. N° Amer. Flora, 7, 129, 604.
- The aecidium as a device to restore vigor to fungus. *Proc. Soc. Prom. Agr. Soc.*, 23 d. annual meeting.
- BARY (A. DE). 1867. — Neue untersuchungen uber Uredineen. *In Monatsber. K. Preyss. Akad. Wiss.*, Berlin, 1866, p. 205-215, 1 pl.
- Recherches sur le développement de quelques champignons parasites. *Ann. Sc. nat.*, série 4, vol. XX.
- BEAUVERIE (J.). — Les méthodes de sélection appliquées aux céréales de semences. *Rev. gén. Sc.*, 15 et 28 fév. 1919.

- BEAUVÉRIE (J.). — L'amélioration des céréales par la pratique des sélections. Public. Off. Rég. Agric. Clermont-Ferrand, 1920.
- La résistance plastidaire et mitochondriale. *Rev. d'Auvergne*, année 1921.
- Etat actuel de la question de la propagation des rouilles. *Rev. gén. Sc.*, 15 fév. 1912, p. 106-119.
- BIFFEN (R. H.). 1907-1912. — Studies in the inheritance of disease-resistance. *In Journ. Agric. Sc.*, v. 2, p. 109-128, v. 4, p. 421-429.
- BLACKMAN (VERNON H.). 1904. — On the fertilization, Alternation of generation and general cytology of the uredineae. *In Ann. Bot.*, v. 18, n° 71, p. 323-373, pl. 21-24. List. of Papers, p. 368-369.
- BLARINGHEM (L.). — Sur la propagation des rouilles des céréales en Suède et en France. *Bull. Soc. Bot. France*, 61, 86-94.
- BOLLEY (H. L.). 1889. — Wheat rust. Ind. Agr. Expt. Sta., Bull., 26, p. 19, fig. 9.
- 1909. — Some results and observations noted in breeding cereals in a specially prepared disease garden. *In Amer. Breeders' Assoc.*, Rpt., v. 5 (1908), p. 177-182.
- BUTLER (E. J.). 1918. — Immunity and disease in plants. *In Agr. Jour. India*, 1918, Spec. Indian Se. Cong., n° , p. 10-28.
- CARLETON. — Cereal rusts of United States. A physiological investigations. U. S. Dep. of Agriculture, 1899.
- CHRISTMAN. — Sexual reproduction in the rust. A. H. Christman. *Bot. Gaz.*, 39.
- Observations on the Wintering of the grain rusts, november-december 1905.
- COBB (N. A.). — Report on rust in wheat investigations. Proc. Second. intercolonial rust in wheat conference of Australia, 1891.
- COMES (O.). 1913. — Della resistenza dei frumenti alle Ruggini. Stato attuale della quistione e provvedimenti. *In Atti R. Ist. Incoragg. Napoli*, ser. 6, v. 64,

- 1912, p. 449-441. Letteratura e note, p. 437-440.
 Abstract in internat. Inst. Agro, Mo. Bull. Agr. Intell. and Plant diseases, v. 4, p. 1111-1119, 1913.
- COOK (M. T.) ET TAUBENHAUS (J. J.). 1911. — Relation of parasitic fungi to the contents of the cells of the host plant. I. Toxicity of tannin. *Del. Agric. Exp. Sta. Bull.* 91, P. 177.
- COOK (M. T.) ET WILSON (L. W.). 1916. — The influence of the tannin content of the host plant on « *Endothia parasitica* » and related species. *N. J. Agric. Exp. Sta. Bull.* 291.
- COONS (G. H.). 1924. — Varietal Resistance of Winter wheats to *Tilletia Levis* (abstract), *Phytopathology*, 14, 38-39.
- DANGEARD (P.-A.). — Nouvelles observations sur la nature du chondriome dans les plantes et ses rapports avec le système vacuolaire, *Bull. Soc. Bot. fr.*, 1916.
- Note sur les corpuscules métachromatiques des levures. *Bull. Soc. Myc. Fr.*, t. XXXII, fasc. 1 et 2, 1916.
- Sur la nature du chondriome et son rôle dans la cellule. *C. R. Ac. Sc. Paris*, t. 166, p. 439, 1918.
- Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérôme. *C. R. Ac. Sc. Paris*, t. 169, p. 1005, 1^{er} déc. 1919.
- Vacuome, plastidome et sphérôme dans l'*Asparagus verticillatus*. *C. R. Ac. Sc., Paris*, 1920.
- Plastidome, vacuome et sphérôme dans *Selaginella Krausiana*. *C. R. Ac. Sc. Paris*, 1920, p. 301.
- La structure de la cellule végétale et son métabolisme. *C. R. Ac. Sc.*, 22 mars 1920.
- La structure de la cellule végétale dans ses rapports avec la théorie du chondriome. *C. R. Ac. Sc.*, 1921, p. 120.
- Sur la nature du sphérôme dans la cellule végétale. *C. R. Ac. Sc.*, 28 nov. 1921.
- Recherches sur la structure de la cellule dans les Iris. *C. R. Ac. Sc.*, 26 juin 1922, p. 1653-1659.
- La structure des Vauchéries dans ses rapports avec la terminologie nouvelle des éléments cellulaires.

- Extrait du volume jubilaire V. Grégoire *La Cellule*, vol. XXXV, mémoire déposé le 22 juillet 1924.
- DANGEARD (Pierre). — Sur la métachromatine et les composés tanniques des vacuoles *C. R. Ac. Sc.* t. 171, 22 nov. 1920, p. 1016).
- Recherches de Biologie cellulaire (évolution du système vacuolaire chez les végétaux). *Le Botaniste*, 1923. Thèse.
- DUFRENOY (JEAN). — Dégénérescence graisseuse (*C. R. Soc. Biol.*, 1918).
- La sélection des Blés résistant aux Rouilles. *Revue générale des Sciences*, numéro du 15 février 1922.
- ERIKSSON (J.) 1894. — Ueber die specialisirung des parasitismus bei den Getreiderostpilzen. *Ber. Deutch. Bot. Gesells.* 12, 331.
- ERIKSSON. — Vie latente et plasmatique de certaines urédinées. In *C. R. Acad. Sci* (Paris), t. 124, n° 8, p. 475-477, 1887.
- 1898. — A general review of the principal results of a Swedish research into the rust of cereals. In *Agr. Gaz. N. S. Wales*, v. 9, pt. 3, p. 251-260, 1 fold. tab.; Also in *Bot. Gaz.* v. 25, n° 1, p. 26-38, Bibliographical footnotes.
- 1901-1902. — Sur l'origine et la propagation de la Rouille des Céréales par la Semence. In *Ann. Sc. Nat. Bot.*, Sér. 8, t. 14, n° 1-3, pl. 1-2, t. 15, n° 1-2, p. 1-160, 10 fig., pl. 1-5. Litterature citée p. 157-160.
- 1904-1905. — Uber das vegetative leben der getreiderostpilze II-IV, In *K. Svenska vet. Akad. Handl.*, n. f. Bd. 38, n° 3, 18, p. 3, col., . Bd. 39, n° 5 41 p. 2 col. pl. Contents; II. *Puccinia dispersa*, *Puccinia glumarum* (SCHM.) Eriks. et Hen. in der herauwachsenden Gerstenpflanze. IV. *Puccinia graminis* pers. in der heranwaschsenden Getreidepflanze.
- EVANS (L. B.). 1907. — The cereal rusts. I. The development of their uredo mycelia. In *Ann. Bot.* v. 21, n° 84, p. 441-466, pl. 40-43.

- FOEX (E.). 1908. — Rouilles des Céréales. Montpellier.
- FREEMAN (E. M.) ET JOHNSON (E. C.). 1911. — The rusts of grains in the United States. U. S. Dep. Agr. Bur. Plant. Indus. Bul. 216, p. 87, fig. 2, pl. 1, Bibliography, p. 79-82.
- GAINES (E. F.) 1920. — The inheritance of resistance to bunt of stinking smut of wheat. *Journ. of. The American Society of Agronomy*, 12, 124-131.
- 1923. — Genetics of bunt resistance in Wheat. *Journ. of Agr. Research*, 23, 445-479.
- GIBSON (C. M.). 1904. — Notes on infection experiments with various uredineae. *In New Phytopathology*, v. 3, n° 8, p. 184-191, pl. 5-6.
- GROVE (W. B.). 1913. — The british rust fungi (uredinales) their biology and classification, 412 p. illus. Cambridge.
- GUILLIERMOND (A.). — Sur les mitochondries des cellules végétales. *C. R. Ac. Sc.*, 17 juillet, p. 199, 1 fig. 1911.
- Recherches sur le mode de formation de l'amidon sur les plastes des végétaux (leuco, chloro et chromoplastes). Contribution à l'étude des mitochondries chez les végétaux. *Arch. d'anat. Micr.*, t. XIV, fasc. III.
- Sur la métachromatine et les composés phénoliques de la cellule végétale. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXVI, 10 juin 1918, p. 958.
- Nouvelles recherches sur l'appareil vacuolaire chez les végétaux. *C. R. Ac. Sc.*, t. CLXXI, 1920, p. 1071.
- Sur l'origine des vacuoles dans les cellules de quelques racines. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXIII, 27 mars 1920, p. 411.
- A propos de la métachromatine. *C. R. Soc. Biol.*, t. LXXXIII, 17 mai 1920, p. 853.
- Les constituants morphologiques du cytoplasme d'après les recherches récentes de cytologie végétale. *Bull. Scient. Fr. et Belg.*, t. LIV, 1921, p. 466-512.
- Origine et évolution des vacuoles dans la cellule végétale et grains d'aleurone. *C. R. Soc. Biol.*, 3 déc. 1921.

- GUILLIERMOND (A.). — La constitution morphologique du cytoplasme dans la cellule végétale. *Rev. Gén. des Sc.*, 15 mars 1924, p. 133.
- Sur les éléments figurés du cytoplasme chez les végétaux : chondriome, appareil vacuolaire, et granulations lipoides. *Arch. Biol.*, t. XXXI, 1924, p. 82.
- Le vacuome dans la cellule végétale. *Bull. d'Hist. appliquée à la Physiologie et à la Pathologie et de technique microscopique*, mai 1925.
- Sur la dégénérescence graisseuse. *Rev. générale de Botanique*, t. XXXI, p. 253, 1919.
- Recherches sur l'évolution du chondriome pendant le développement du sac embryonnaire et des cellules mères des grains de pollen dans les Liliacées et sur la signification des formations ergastoplasmiques. *Annales des Sciences Naturelles*, 2^e série, 1924.
- HAYES, PARKER, JOHN ET KURTZWELL (CARL.). 1920. — Genetics of rust resistance in crosses of varieties of *Triticum vulgare* with varieties of *T. durum* and *T. dicoccum*. In *Journ. Agric. Research*, v. 19, p. 523-542, pl. 97-102; *Literature cited*, p. 541-542.
- HECKE (L.). 1915. — Zur Frage der ueberwinterung des gelbrostes und das zustandekommen, von rost Jahren. *Naturw. Ztschr. Land. u. Forstw.*, 43, 213-220.
- HENNING (E.) UND BYGDEN (A.). 1919. — Anteckningar im Gulrosten (*Puccinia glumarum*) Jamte bilaga restammingat av aciditet och sockerhalt i watten extrakt av vetesorter med olika resistens mot gulrost Meddel. n^o 192. *Centralanst. Forsoksv. Jordbr. Bot.* Avdeln. n^o 16, 25, p.
- HUMPHREY (H. B.) HUNGERFORD (C. W.) AND JOHNSON (A. G.). 1924. — Stripe rust (*Puccinia glumarum*) of cereals and grasses in the United States. *Jour. Of. Agr. Research.*, v. XXIX, n^o 5.
- HUNGERFORD (CHARLES). 1920. — Rust in seed wheat and its relation to seedling infection. In *Jour. Agr. Re-*

- search*, v. 19, n° 6, p. 257-278, 1 fig., pl. 38-48, Literature cited, p. 275-277.
- HUNGERFORD (Charles). 1922. — Studies on the life history of tripe rust, *Puccinia glumarum* (Schm.) Eriks. and Henn. *Jour. Agr. Research* 24, 607-620. Illus.
- HUNGERFORD AND OWENS (C. E.). 1923. — Specialized varieties of *Puccinia glumarum* and host for variety tritici *Jour. Agr. Research.*, 25, 363-402 illus.
- HURD (ANNIE, MAY). 1923. — Hydrogen ion concentration and varietal resistance of wheat to stem rust and other diseases. In *Jour. Agr. Research.*, v. 23, p. 373-386. Literature cited, p. 384-386.
- HURSH (CHARLES R.). 1922. — The relation of température and hydrogen-ion concentration to urediniospore germination of biologic forms of stem rust of wheat In *phytopathology*, v. 12, p. 353-364, diags.
- 1924. — Morphological and physiological studies on the resistance of Wheat to *Puccinia graminis tritici* (Eriks. et Henn.) *Journ. Agr. Research.* v. XXXII, n° 6, February 9.
- KIERCHNER (O. VON). 1916. — Untersuchungen über die empfänglichkeit unserer getreide für brand und rostkrankheiten. In *Fühlings Landw. Ztg. Jahrg.* 65, p. 1-27, 41-72, 92-137. Literatur, p. 109-111.
- KNUDSON (L.). 1913. — Tannic acid fermentation. I. *Jour. Biol. Chem.*, 14. p. 159-184.
- LAGUESSE (E.). — Méthode de coloration vitale des chondriosomes par le vert Janus (*C. R. Soc. Biol.*, 1912).
- LANG (W.) 1918. — Beobachtungen über das auftreten des gelbrostes. Festschr. zur feier des 100 jähr. Bestehens, K. Württemb. Landw. Hochschule Hohenheim, 1918, 84, 101.
- LARBAUD (M^{re}). — Nouvelle technique pour les inclusions et les préparations microscopiques des tissus végétaux et animaux *C. R. Sc.*, 23 mai 1921.
- LAURENT. 1901-1903. — Un nouveau type de maladie des Plantes. La dégénérescence grasseuse. Recherches biol. exper. appl. à l'Agriculture.

- LEVINE (M. N.). 1922. — A statistical study of the comparative morphology of biologic forms of *Puccinia graminis*. *Jour. Agr. Research*, 24, 539-568. Illus.
- LEVINE (M. N.) AND STAKMAN (E. C.). 1918. — A third biologic form of *Puccinia graminis* on Wheat. *In jour. Agr. Research.*, v. 13, p. 651-654.
- LITVINOV (N. I.). 1915. — Sur l'attaque des froments printaniers par *Puccinia glumarum* Eriks. et Henn. A la station expérimentale du Bureau de Botanique appliquée à Voronezh en 1914. *Trudy Biuro Prikl. Bot. (Russia). Bul. Appl. Bot.* 8 : 808-815 (In Russian French résumé, p. 814-815.)
- LLOYD (FRANCIS, ERNEST). 1908. — The physiology of Stomata, 142 p. 40, fig. 14, pl. Washington D. C. *Carnegie Inst. Wash.*, Pub. 82.
- LEACH (J. G.). 1919. — The parasitism of *Puccinia Graminis Tritici* Erikss. and Henning and *Puccinia Graminis Tritici-compacti* Stak. and Priem. *Phytopathologie*, v. 9. February 1919.
- LOFTFIELD (J. V. G.). 1921. — The behavior of Stomata, 104 p., 54 fig. 16 pl., Washington D. C. *Carnegie Inst. Wash.*, Pub. 314.
- MAGROU (M. J.). — L'immunité dans la Symbiose. *Annales de l'Institut Pasteur*, t. XXXII, n° 1, janvier 1918.
- MAINS E. B.). (1916. — Some factors concerned in the germination of rust spores. *In Mich. Acad. Sc.*, Rept 17, 1915, p. 136-140.
- 1917. — The relation of some rusts to the physiology of their hosts. *In Amer. Jour. Bot.* v. 4, p. 179-220, pl. 4-5. Literature, cited p. 216-220.
- MAIRE. — Recherches cytologiques et taxonomiques chez les Basidiomycètes. *Bull. Soc. Myc.*, 1902.
- MANGENOT (G.). — Sur les formations graisseuses des Vauchéria. *C. R. des Séan. de la Soc. de Biol.*, 21 juin, t. LXXXIII, p. 982.
- 1922. — Recherches sur les constituants morphologiques du cytoplasme des Algues. Thèse, Paris 1922.

MANGENOT (G.) ET EMBERGER (L.). — Sur les mitochondries dans les cellules animales et végétales. *C. R. des Séances de la Soc. de Biologie*, 27 mars 1920, t. LXXXIII, p. 418.

MARRYAT (D. C. E.). 1907. — Notes on the infection and histology of two wheats immune to the attacks of *Puccinia glumarum* : yellow rust. *Journ. Agr. Sci.*, 2, 129-138.

MASSÉE. — Phil. Trans., vol. CXC VII, 1904.

MELCHERS (LEO) AND PARKER (JOHN). 1920. — Three winter wheat varieties resistant to leaf rust in Kansas. In *Phytopathology*, vol. 10, n° 3, p. 164-171, 3 fig. Literature cited, p. 171.

— 1922. — Inheritance of resistance to black stem rust in crosses between varieties of commonwheat (*Triticum vulgare*) (Abstract) in *Phytopathology*, v. 12, p. 31-32.

MOLLIARD. 1923. — Nutrition de la plante. Utilisation des substances ternaires. Encyclopédie Scientifique. Doin, Paris, p. 25.

MOREAU (M^{me} F.). 1914. — Le Chondriome des Urédinées. *C. R. Soc. de Biol.*, 1914.

MULLER (H. C.) AND MÖLZ (ELMIR). — Über das auftreten des gelbrostes (*Puccinia glumarum*) am weizen in den jahren 1914 und 1916. In *Fühlings Landw. Ztg.*, Jahrg. 66, p. 42-55.

ORTON (W. A.). 1913. — The development of disease-resistant varieties of plants. In *Compt. Rend. et Rapp. IV^o Conf. Internat. Genet.* Paris, 1911, p. 247-255. Illus.

I ANTANELLI (ENRICO). — Selezione e creazione di piante resistenti alla malattie I. Frumenti resistenti alla ruggine. *Rivista di Biologie*, v. III, fasc. II. Roma, 1921.

POLICARD (A.) ET MANGENOT (G.). — Recherches cytologiques sur l'état de l'huile dans les graines oléagineuses. La graine mûre. *C. R. Ac.Sc.*, 18 juin 1923.

- POLIGARD (A.) ET MANGENOT (G.). — Sur l'état de l'huile dans la cellule de réserve des graines oléagineuses. La graine en germination. *C. R. Ac. Sci.*, 30 juillet 1923.
- PRENANT (A.). 1921. — L'Histochemie. *Revue générale des Sciences pures et appliquées* du 30 octobre 1921.
- PUTTICK (G. F.). 1921. — The reaction of the F2 generation of a cross between a common and a durum wheat to two biologic forms of *Puccinia graminis*. In *Phytopathology*, v. II, p. 205-213. Literature cited, p. 213.
- REICHERT (E. T.). 1913. — The differentiation and specificity of starches in relation to genera, species, etc... *Carnegie Inst. Wash.*, Publ. 173, 1913.
- RAINES (M. A.). 1922. — Vegetative vigor of the host as a factor influencing susceptibility and resistance to certain Rust diseases of the higher plants. In *Amer. Jour. Bot.*, v. 9, p. 183-203, 215-238. Illus. Literature cited, p. 235-237.
- REGAUD. — Attribution aux formations mitochondriales de la fonction générale d'extraction et de fixation élective exercée par les cellules vivantes sur les substances dissoutes dans le milieu ambiant. *C. R. Soc. Biol.*, 1909.
- ROSTRUP (E.). 1902. — *Plantepatologi*, 640 p. illus. København.
- SAPPIN-THOUFFY. 1896. — Recherches histologiques sur la famille des Urédinées. *Le Botaniste*, sér. 5, p. 59-244, 69 fig.
- SAX (KARL). — The relation between chromosome number, morphological characters and rust resistance in segregates of partially sterile wheat hybrids. *Phytopathology*, 8, 301-321, 1923.
- SCHMIDT (J. K.). 1827. — Allgemeine oekonomisch-Technische flora oder abbildungen und beschreibungen aller in bezug auf oekonomie und technologie merkwürdigen gewächse, 144 p. illus. Iena.

- SPINKS (G. T.). 1913. — Factors affecting susceptibility to disease in plants. *In Journ. Agr. Sci.*, v. 5, Pt. 3, p. 231-247, pl. 7.
- STAKMAN (E. C.). 1914. — A study in cereal rusts. Physiological races. *Minn. Agr. Exp. Stat.*, Bul. 138, 56 p., 9 pl. Bibliography p. 50-54.
- 1915. — Relation between *Puccinia graminis* and plants highly resistant to its attack. *In Jour. Agr. Research.*, v. 4, n° 3, p. 193-200, pl. 28. Literature cited, p. 198-199.
- STAKMAN AND AAMODT (OLAF S.). 1922. — The effect of fertilizers on the development of Stem rust in wheat. *In Phytopathology*, v. 12, p. 31.
- STAKMAN AND LEVINE 1918. — Plasticity of Biologic forms of *Puccinia graminis*. *In Jour. Agr. Research.*, v. 15 p. 221-250, pl. 17-18. Literature cited, p. 248-249.
- The effect of certain ecological factors on the morphology of the urediniospores of *P. graminis*. *J. Agr. Res.*, v. XVI, janv. 1919.
- 1922. — The détermination of biologic forms of *Puccinia graminis* on triticum spp. *Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bul.* 8, v. 16, p. 103-105.
- STAKMAN, LEVINE AND LEACH. 1919. — New biologic forms of *Puccinia graminis* (Preliminary paper). *Jour. Agr. Research.*, v. 16, p. 103-105.
- STAKMAN, LEVINE AND PRIEMEISEL. — Elasticity of Biologic forms of *Puccinia graminis*. *Jour. Agr. Research*, v. XV, october 1918.
- STAKMAN, PARKER AND PRIEMEISEL. 1918. — Can biologic forms of stem rust on wheat change rapidly enough to interfere with breeding for rust resistance. *In Journ. Agr. Research*, v. 14, p. 11-124, pl. 13-17. Literature cited, p. 122-123.
- STAKMAN AND PRIEMEISEL. 1917. — A new strain of *Puccinia graminis* (Abstract). *In Phytopathology*, p. 493-495.

- STAKMAN AND PRIEMEISEL, 1917. — Biologic forms of *Puccinia graminis* on cereals and grasses. *In jour. Agr. Research*, v. 10, p. 429-496, pl. 53-59. Literature cited, p. 493-495.
- VAVILOV (N. I.). 1920. — The law of homologous series in hereditary variation. Report third all Russian Breeding Conference. *Sratox*. 16 p.
- 1922. — *Ann. Inst. Agro. Petrevskew*, Moscou.
- WALDRON (L. R.). 1921. — The inheritance of rust resistance in a family derived from cross between durum and common wheat. *N. Dak. Agr. Exp. Sta. Bul.* 147, 24 p., 2 fig.
- WARD (H. MARSHALL). 1902. — On relations between host and parasite in the bromes and their brown rust, *Puccinia dispersa* (Erikss.). *In Ann. Bot.*, v. 16, n° 62, p. 233-315.
- 1904. — On the histology of *Uredo dispersa* Eriks. and the mycoplasma hypothesis. *In Phil. Trans. Roy. Soc. Landon.*, Sér. B, v. 196, p. 29-46, pl. 4-6 (1 col.). Bibliographical footnotes.
- 1905. — Recent researches on the parasitism of fungi. *In Ann. Bot.*, v. 19, n° 73, p. 1-54. Literature p. 50-54.
- WATERHOUSE (W. L.). 1920. — A note on the over-summering of Wheat rust in Australia. *In Agr. Gaz. N. S. Wales*, v. 31, p. 165-166.
- 1921. — Studies in the physiology of Parasitism VII. Infection of *Berberis vulgaris* by sporidia of *Puccinia graminis*. *In Ann. Bot.*, v. 35, p. 557-564, 19 fig. Références p. 563-564.
- 1921. — On the supposed occurrence of seedling infection of wheat by means of rusted grains. *In Ann. Appl. Biol.*, v. 8, p. 81-82.
- WHETZEL, HUMPHREY AND RALVN (F. W.). 1915. — *Phytopathology*, v. XI, n° 1, p. 2.
- WILLIS (M. A.). 1918. — Notes on *Puccinia glumarum*. *In Idaho Agr. Exp. Sta. Ann. Rept.* 1917, p. 19.

ZIMMERMANN. 1892. — Die botanische mikrotechnik. Tübingen.

ZWEIBAUM (J.). — Sur l'utilisation du mélange « Nadi » et du Bleu d'Indophénol formé in vitro, en technique histologique. Coloration intra-vitale et post-vitale des graisses. *C. R. de la Soc. de Biol.*, du 23 juin 1923.

— Sur la coloration des graisses dans la cellule vivante. *C. R. de la Soc. de Biol.* du 23 juin 1923.

ZEIBAUM ET MANGENOT (G.). — Application à l'étude histo-chimique des végétaux d'une méthode permettant la coloration vitale et post-vitale des graisses de la cellule animale. Société de Biologie de Lyon, 9 juillet 1923.

TABLEE DES MATIÈRES

	Pages
I. — Introduction.....	5
Historique.....	10
II. — Choix du matériel	21
Méthode de semis.....	21
III. — Technique histologique.....	24
IV. — Étude morphologique de <i>Puccinia Glumarum</i> ..	36
V. — Étude cytologique de <i>Puccinia Glumarum</i>	40
VI. — Étude cytologique des blés.....	46
VII. — Vacuome des variétés résistantes.....	72
Composés tanniques et résistance	72
VIII. — Conclusions agronomiques.....	80
IX. — Conclusions générales	87
Index bibliographique	89
Table des matières.....	103
Explication des planches.....	108

DEUXIÈME THÈSE

Propositions données par la Faculté

1^o Physiologie : Action de divers agents physiques
et chimiques sur la Photosynthèse.

2^o Géologie : Les agents de décomposition des roches.

Vu et approuvé :

Paris, le 13 janvier 1926

Le Doyen de la Faculté des Sciences

M. MOLLIARD

Vu et permis d'imprimer :

Le Recteur de l'Académie de Paris,

P. LAPIE

REMARQUE

Il est bon de rappeler que nous avons étudié les modifications cytologiques de la cellule, en particulier l'évolution de corps gras, chez toutes les races de blé étudiées au cours des différentes phases de l'infection par le parasitisme de la Rouille jaune : des fragments de tissus des régions infectées ont été prélevés et immédiatement fixés ou examinés sur place [à l'état vital] selon le cas ; cette opération était exécutée tous les jours pendant trois semaines [à partir du troisième jour succédant à l'inoculation] afin de pouvoir suivre plus précisément la marche de l'infection.

Aussi avons-nous adopté, pour la commodité de l'interprétation, quelques couleurs purement conventionnelles dans le cas des préparations fixées : teinte bleue pour le champignon et une autre rouge pour les éléments du cytome.

EXPLICATION DES PLANCHES

Les figures ont été exécutées au moyen de l'oculaire à dessiner de Leitz et l'objectif à immersion homogène de Zeiss 2 millimètres.

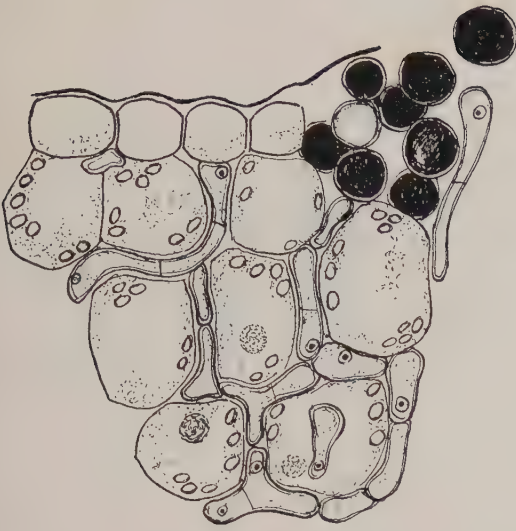
PLANCHE 1

Fig. 1. — Coupe transversale à travers une pustule de *Puccinia glumarum* sur une jeune feuille de *Bon fermier* (dix jours après l'inoculation). Coloration vitale du cytome par le « vert janus » : ces éléments, doués d'ailleurs du mouvement circulaire à l'intérieur des trabécules cytoplasmiques, apparaissent seuls colorés en vert pâle dans le cytoplasme de l'hôte ainsi que du champignon.

Fig. 2. — Même procédé technique que le précédent fait dans les mêmes conditions (même âge, même jour après inoculation, etc...) sur l'hybride *Vilmorin* n° 23.

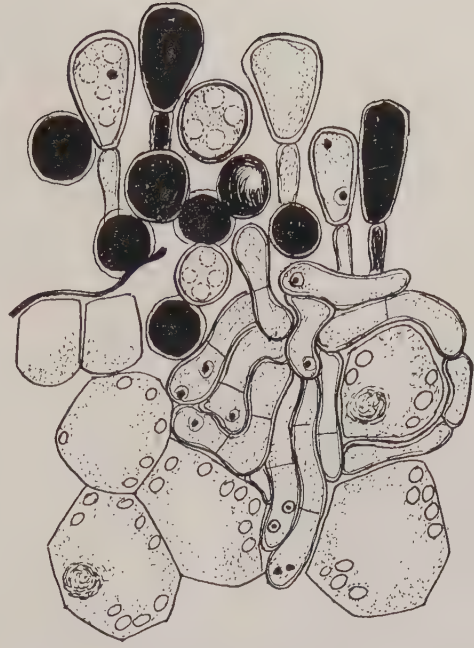
Fig. 3. — Représente une section transversale dans une région non parasitée de la même feuille (*Vilmorin* 23) montrant la structure normale des tissus sains. Coloration vitale des cytosomes parfaitement sphériques par une solution isotonique de *vert Janus*.

Fig. 4. — Coupe transversale (au microtome, 5 μ) dans une zone saine de la même feuille (présentée dans la fig. 1) après fixation au Flemming fort sans aucune coloration : les chloroplastes engorgent leur intérieur de minuscules grains noircis par l'acide osmique du fixateur. Ces grains correspondent, sur le vivant, à des globules aussi petits que réfringents qui se colorent vitalement par le « mélange Nadi » réactif de choix pour l'étude des éléments oléagineux. Quant au cytoplasme de la cellule même, il est entièrement dépourvu de ces inclusions graisseuses.



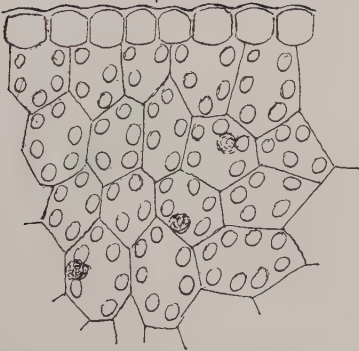
0 10 20 30
(G = 900.)

1



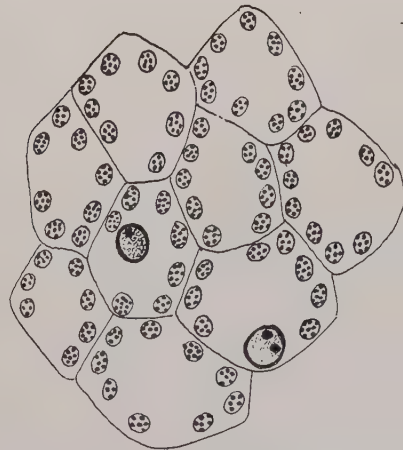
0 10 20 30
(G = 900.)

2



0 10 20 30
(G = 900.)

3



0 10 20 30
(G = 900.)

4

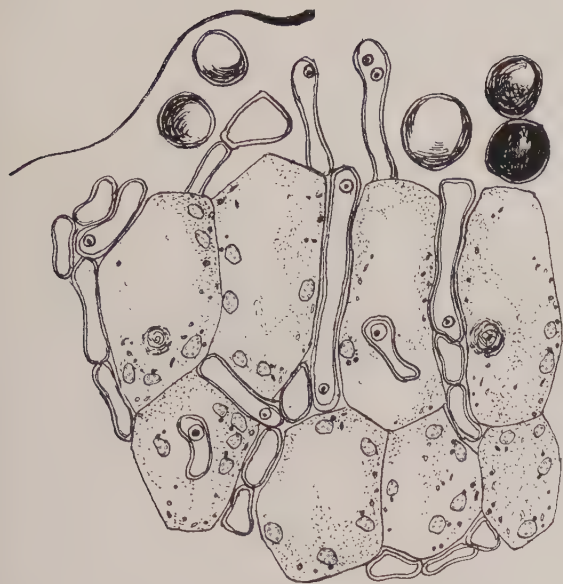
PLANCHE 2

Fig. 5. — Section transversale faite dans un sore sur une jeune feuille de l'espèce *Triticum Monococcum* (dix jours après inoculation). Coloration vitale par le *Bleu d'indophénol* : présence des gouttes oléagineuses exclusivement au sein des plastes ; absence de celles-ci dans le reste du cytoplasme de l'hôte ainsi que du parasite : donc il n'y a pas eu sécrétion graisseuse provoquée par le parasite sur les plastes sécréteurs (type résistant). On y aperçoit également de nombreuses sphérules incolores de moyenne réfringence de grosseur variable et circulant continuellement à l'intérieur des fins cordons cytoplasmiques comme si elles étaient emportées par un courant : ce sont les cytosomes sensiblement déformés.

Fig. 6 — Coupe effectuée dans une région saine de la feuille précédente, colorée vitalemment par le mélange *Nadi* : les inclusions graisseuses sont seules colorées en bleu à l'intérieur des plastes, ce qui en fait des plastes oléifères

Fig. 7. — Représente une coloration vitale des graisses dans une jeune feuille rouillée de blé *Rieti* (dix jours après inoculation) : présence constante des gouttelettes oléagineuses au sein des plastes colorées en bleu par le réactif *Nadi*. Absence de ces éléments dans le cytoplasme de l'hôte ainsi que du parasite — on y observe aussi des cytosomes altérés et incolores dont le mouvement de circulation était bien caractéristique.

Fig. 8. — Coloration vitale de corps gras par le *Bleu d'indophénol* dans les tissus sains de la feuille déjà représentée sur la figure 3, planche 1 (*Vilmorin 23*) : on y voit leur disposition normale : en effet les plastes seuls sont simplement bourrés de granulations graisseuses.



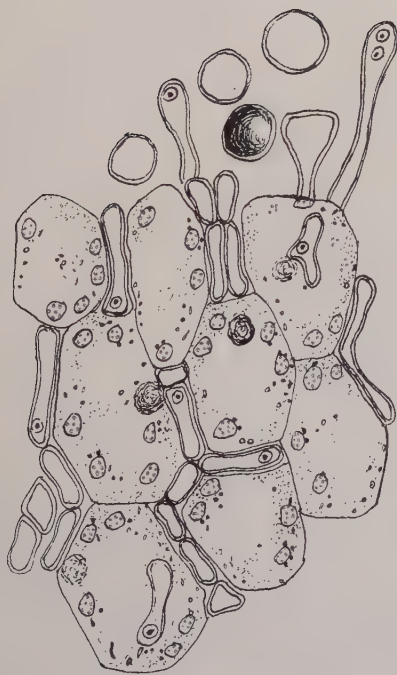
0 10 20 30
(G = 900.)

5



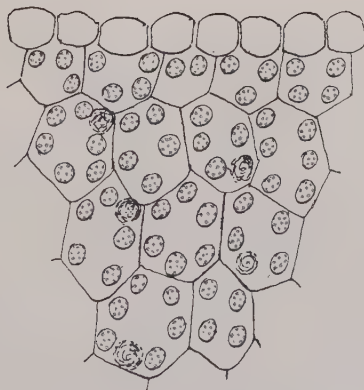
0 10 20 30
(G = 900.)

6



0 10 20 30
(G = 900.)

7



0 10 20 30
(G = 900.)

8

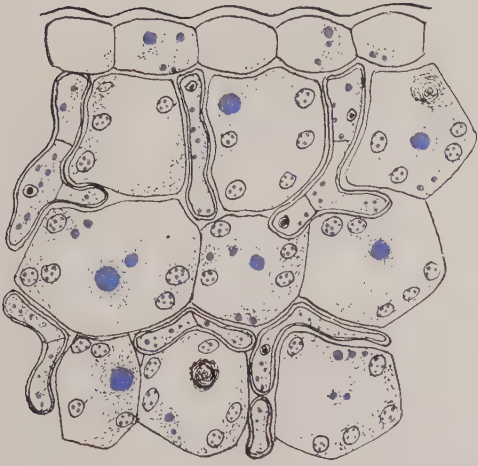
PLANCHE 3

Fig. 9. — Examen et coloration vitale des graisses par le *Nadi* sur une coupe faite dans une zone infestée par la rouille sur la feuille déjà représentée figure 1; planche 1 (*Bon fermier*), dix jours après inoculation : ici on est frappé par la présence de corps gras, colorés en bleu, dans les plastes et le cytoplasme de l'hôte, d'une part, et dans la couche cytoplasmique du parasite, d'autre part. Donc il y a eu, très vraisemblablement, une sécrétion de graisses par ces plastes oléifères sous l'influence du parasitisme de la rouille; il semble que ces globules se détachent des plastes pour émigrer dans le cytoplasme où ils peuvent se fusionner en gros corpuscules de grosseurs très variables, ceux-ci ne tardent pas à se désagréger pour être ensuite résorbés par le champignon (type sensible).

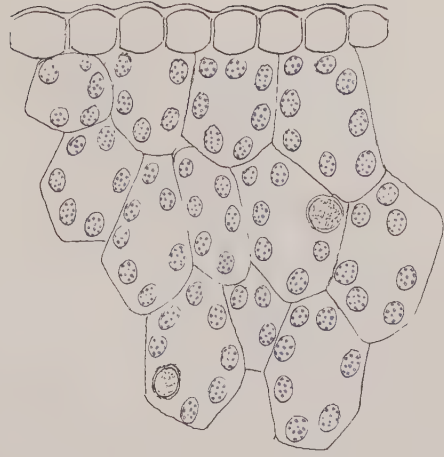
Fig. 10. — Coupe à travers une région saine dans la feuille précédente de *Bon fermier* traitée de la même manière par le colorant « Nadi », et qui montre seulement les plastes bourrés de gouttelettes huileuses sans aucune trace de celles-ci dans le reste du cytoplasme.

Fig. 11. — *Hatif inversable*. — Fixation au Flemming (dix jours après inoculation) : présence de gros globules graisseux dans le cytoplasme de l'hôte, colorés en brun foncé ainsi que de nombreuses granulations graisseuses dans les filaments mycéliens du champignon noircies également par l'acide osmique du fixateur.

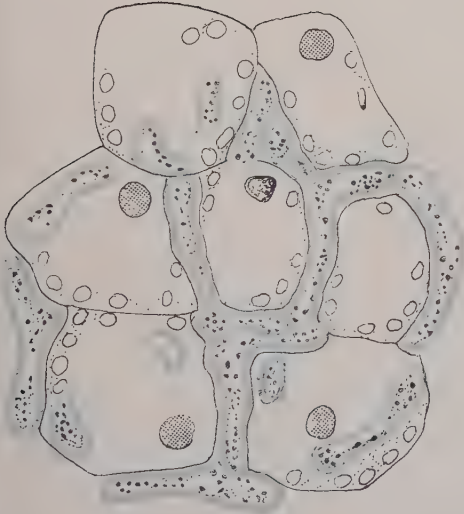
Fig. 12. — Coloration vitale des graisses par le réactif *Nadi* sur la variété *Wilhelmine* attaquée (dix jours après inoculation) : on y voit les graisses colorées vitalement dans les plastes ainsi que dans le cytoplasme de l'hôte sensibilisé et dans le champignon.



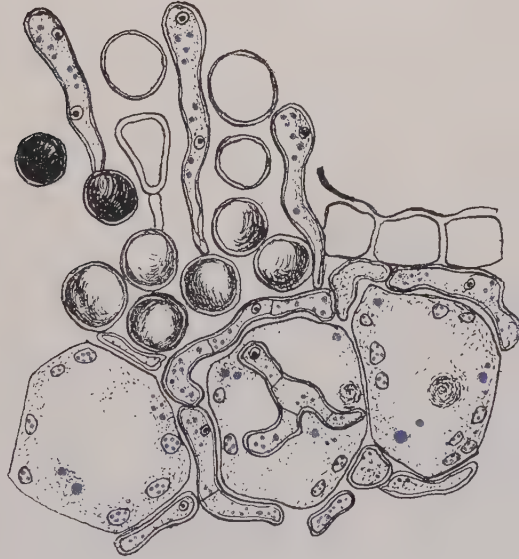
9



10



11



12

PLANCHE 4

Fig. 13. — *Triticum Monococcum* [blé très résistant] atteint (dix jours après, inoculation), plasmolyse marquée du cytoplasme des tissus parasites, noyaux [masses noires] deviennent plus lâches, plastes [incolores] se montrent particulièrement altérés, perdant leur forme et leur couleur normale. Cytosomes [colorés en rouge] profondément altérés, subissant surtout un processus de vésiculation nettement alvéolaire. Absence de corps gras partout, hypertrophie cellulaire accentuée [pour comparaison voir l'assise presque indemne juste en dessous du foyer d'infection]. Appareil végétatif du champignon [coloré en bleu] s'est presque complètement vidé et ainsi dépourvu de ses constituants cytoplasmiques [coupe à 5 μ après fixation mitochondriale dans Laguesse].

Fig. 14. — Coupe dans même matériel que le précédent [*Triticum Monococcum*] fixée dans Regaud; nous constatons les mêmes manifestations de désordres histologiques que dans le cas précédent; en plus nous rencontrons un phénomène nouveau chez le blé résistant: la présence d'une précipitation considérable de composés phénoliques riches en corpuscules métachromatiques au sein du suc vacuolaire des cellules affectées. Ce précipité apparaît en noir sur le fond bleu clair du suc vacuolaire (coloration à l'hématoxyline ferrique).



Fig. 13

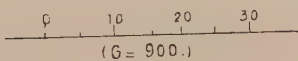


Fig. 14

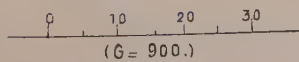


PLANCHE 5

Fig. 15. — *Triticum monococcum* (Fix. Flemming).

Début de l'infection (8 jours après inoculation). On y voit les cytosomes (en rouge) plus ou moins altérés dans le tissu de l'hôte et dans les filaments mycéliens. Les plastes sont riches en inclusions graisseuses ; mais il n'y a aucune sécrétion de ces dernières dans le cytoplasme de l'hôte et du champignon (Type résistant).

Fig. 16. — *Riét* (Laguesse).

Début de l'infection (8 jours après inoculation). Mêmes manifestations cytologiques que dans la figure précédente : aucune sécrétion graisseuse ne s'y produit (type résistant).

Fig. 17. — Même variété (fix. Regaud).

Ici mise en évidence, à l'intérieur des vacuoles, d'une précipitation colloïdale, symptôme de phagocytose [Constatation semblable à celle faite pl. 4, fig. 14] (Type résistant).

Fig. 18. — *Bon Fermier* (Laguesse).

(10 jours après inoculation). De gros globules graisseux dans le cytoplasme de l'hôte, colorés en brun foncé par l'acide osmique du fixateur. Dans les filaments mycéliens, les globules graisseux désagrégés, colorés en noir, se distinguent par leur irrégularité des cytosomes colorés en rouge lesquels restent toujours de forme sphérique.

Planche 5

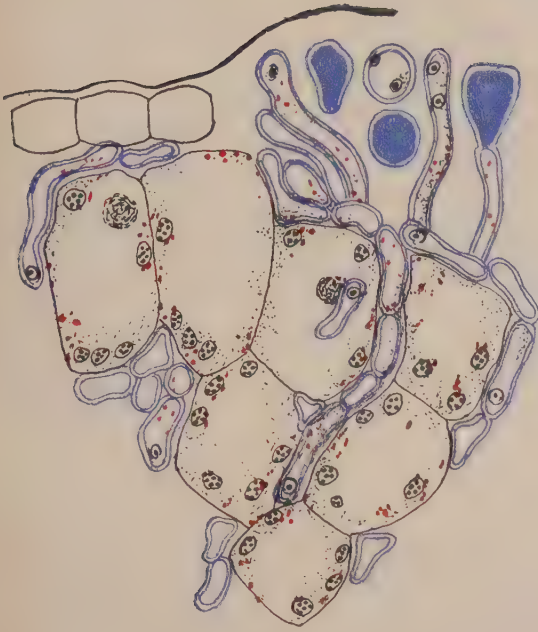


Fig. 15

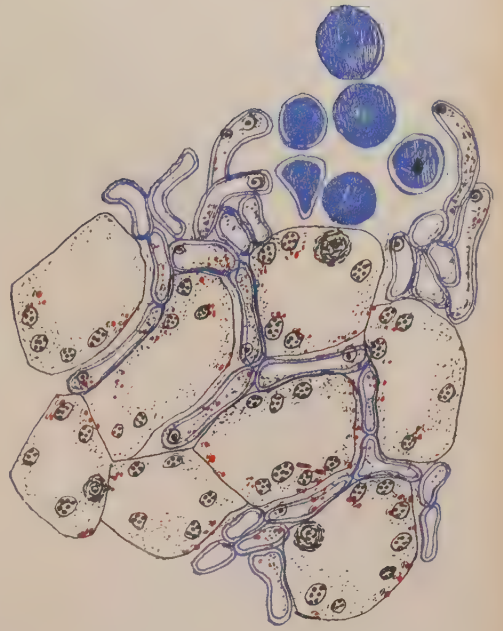


Fig. 16



Fig. 17

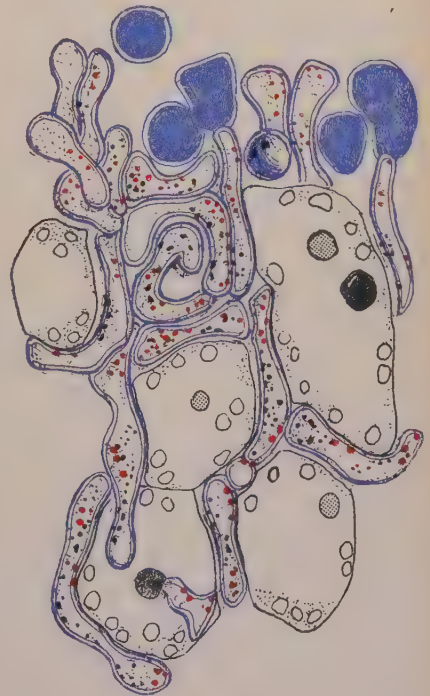


Fig. 18

PLANCHE 6

Fig. 19. — *Triticum dicocoides* (Regaud) Douzième jour après inoculation.

Ici on est frappé par l'hypertrophie cellulaire de l'hôte, ainsi que par le refoulement du cytoplasme à la périphérie de la cellule ; les cytosomes (rouge) subissent une déformation accentuée. L'abondance des précipités à l'intérieur du suc vacuolaire constitue un symptôme très net de la résistance de l'hôte. Les filaments mycéliens (bleu) sont vides de leur cytoplasme ; le noyau seul y subsiste parfois (Col. Hematoxyline ferrique).

Fig. 20. — *Roseau* (Laguesse). Douzième jour après inoculation.

Type moyennement sensible. On remarque la sécrétion des graisses : de gros globules brun foncé dans le cytoplasme de l'hôte ; et de nombreuses granulations oléagineuses, en noir, dans l'intérieur des filaments mycéliens (bleu). On assiste également à la déformation des cytosomes (rouge) et à la dégénérescence des plastes. Les noyaux en noir, sont affectés, entourés généralement par les suçoirs.

Planche 6

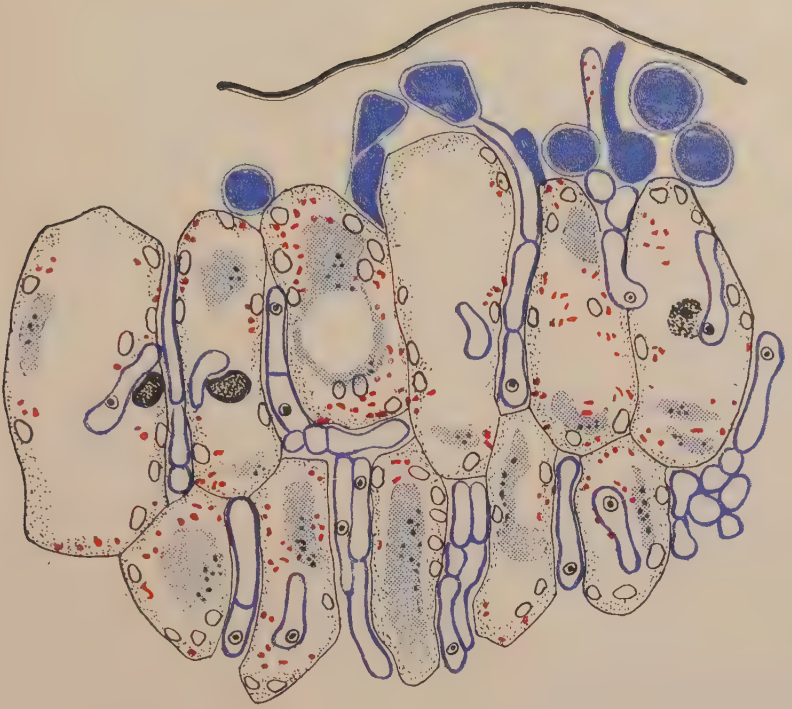


Fig. 19

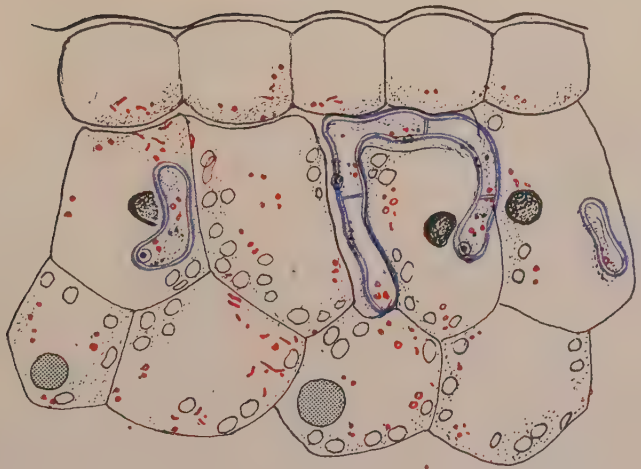
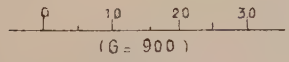


Fig. 20

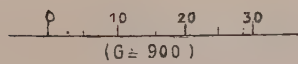


PLANCHE 7

Fig. 21. — 1° en haut : *Bon Fermier* (Regaud). Dix jours après inoculation. Cytosomes sensiblement déformés, forme bâtonnets (rouge). Hypertrophie cellulaire considérable.

2° en bas : La même variété, douze jours après inoculation. Ici les cytosomes subissent plutôt un processus de vésiculation alvéolaire. On voit aussi quelques bâtonnets (rouge).

Fig. 22. — 1° en haut : *Hâtif inversable* (Regaud). Dix jours après inoculation.

Altérations similaires à celles du n° 1 de la fig. 21.

2° en bas : La même variété (Regaud). Douze jours après inoculation.

Altérations similaires à celles du n° 2 de la fig. 21.

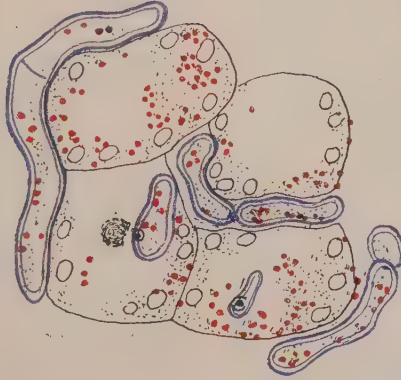
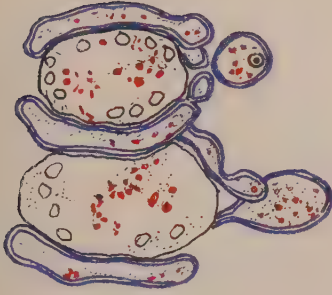
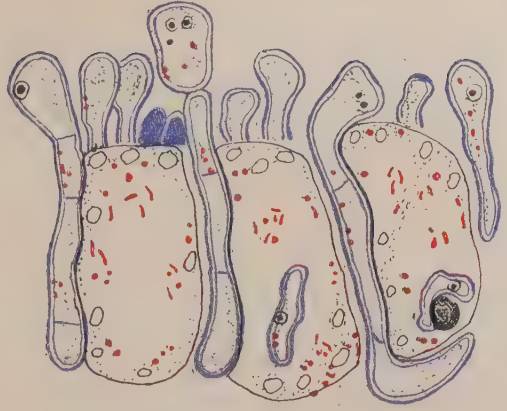
On y voit également la cytologie de l'urédospore mûre en dessus, jeune en dessous : cytosomes en rouge, noyaux en noir, vacuoles incolores.

Fig. 23. — *Bon fermier* (Flemming).

Tout au début de l'infection, cinquième jour après inoculation.

On remarque principalement la première phase de sécrétion des graisses : de gros globules oléagineux, brun foncé, dans le cytoplasme de l'hôte ; Mais on n'observe pas encore le phénomène de désagrégation de ces corps gras en minuscules corpuscules irréguliers, et leur passage dans les filaments mycéliens.

Planche 7



0 10 20 30
(G = 900.)

0 10 20 30
(G = 900.)

Fig. 22

Fig. 21

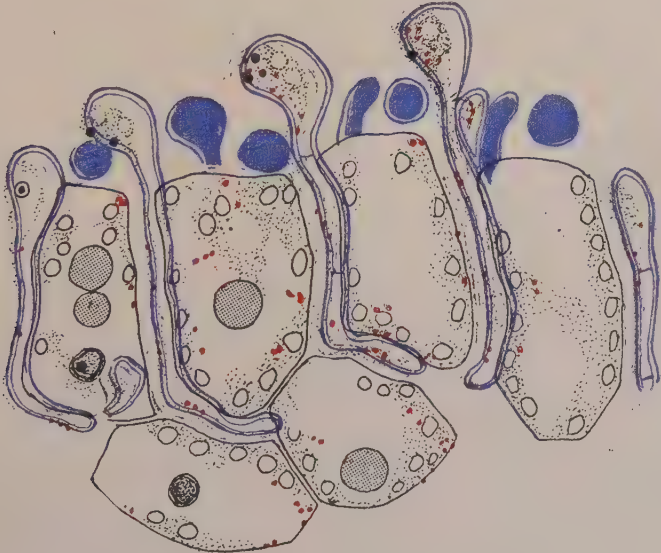


Fig. 23

0 10 20 30
(G = 900.)

PLANCHE 8

Fig. 24. — *Vilmorin* n° 23 (Laguesse).

Tout au début de l'infection. Sixième jour après inoculation
Le phénomène le plus intéressant est la première phase de sécrétion grasseuse, peu marquée d'ailleurs, sous forme de quelques globules de grosseur variable en brun foncé au sein du cytoplasme de l'hôte (Type moyennement résistant).

Fig. 25. — *Riëti*. Douze jours après inoculation.

Coloration vitale au *bleu de méthylène*, pour mettre en évidence les précipités colloïdale à l'intérieur du suc vacuolaire de blé vraiment résistant, caractéristique de la résistance de l'hôte. Ces précipités, ayant le pouvoir de fixer très rapidement et d'une manière intense la plupart des colorants vitaux (*rouge neutre, bleu de crésyle, etc...*), ont pris avec le *bleu de méthylène* une teinte métachromatique virant sur le rouge ; cette teinte se communique (en plus clair) à tout le suc vacuolaire.

Fig. 26. — *Triticum Monococcom* (Flemming).

Coupe d'une feuille non parasitée : mise en évidence d'inclusions grasseuses exclusivement dans les plastes, indiquant ainsi l'état cytologique normal.

Fig. 27. — *Triticum Monococcom* : Douze jours après inoculation. Préparation semblable à celle de la fig. 25 : mise en évidence de la précipitation colloïdale, sous forme de corpuscules métachromatiques dans le suc vacuolaire (coloration vitale par le *bleu de méthylène*).

Planche 8

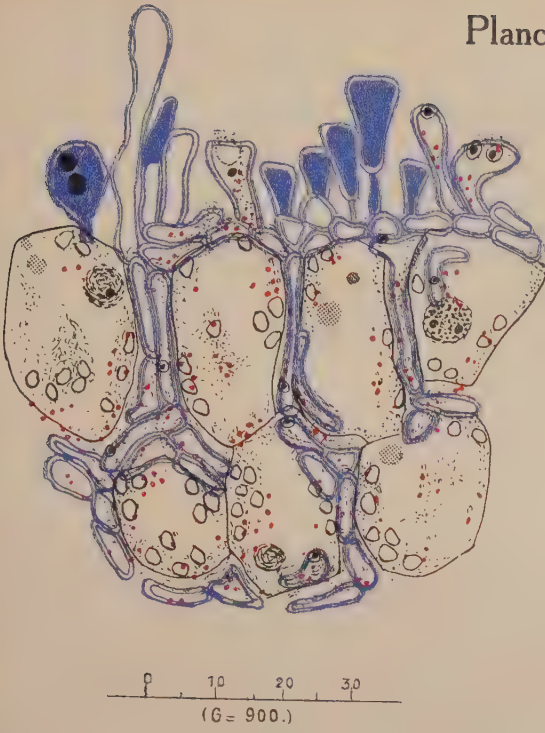


Fig. 24



Fig. 25

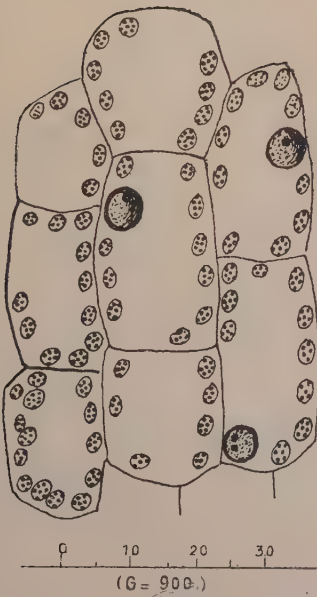


Fig. 26

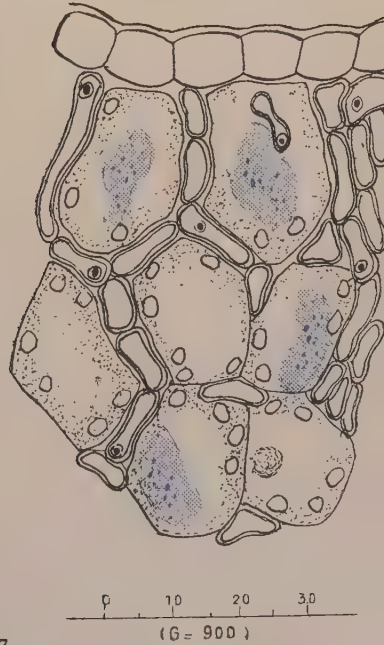


Fig. 27

NOTA : Fig. 27. La f  nte bleue devrait être en réponse
comme fig. 25.

PLANCHE 9

Fig. 28. — *Triticum Monococcum*. Dix jours après inoculation (début de l'infection) coloration vitale du cytome dans une solution aqueuse [isotonique] de *Violet Dahlia*, ces éléments apparaissent colorés en violet pâle dans le cytoplasme de l'hôte ainsi que du champignon ; la seule déformation constatée ici est celle en court bâtonnet.

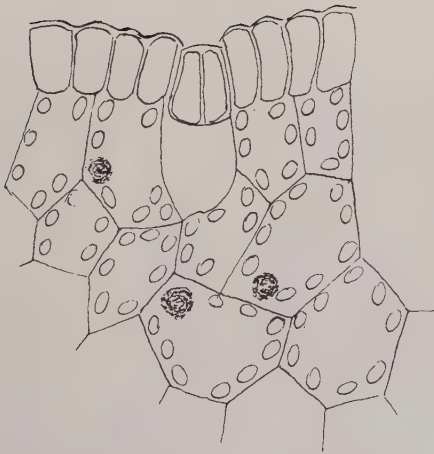
Fig. 29. — *Bon Fermier* indemne. Coloration vitale du cytome avec le *violet Dahlia* : les cytosomes très nombreux, sont colorés en violet dans le cytoplasme, leur forme est tout à fait normale (sphérique) de sorte que nous n'y constatons aucune déformation visible.

Fig. 30. — *Triticum monococcum* : même procédé technique que le précédent avec le même résultat concernant la coloration vitale des cytosomes ainsi que leur forme qui reste toujours sphérique.



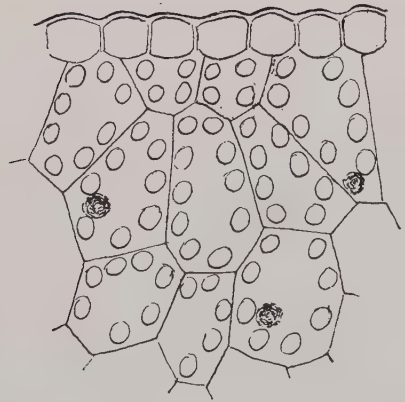
0 10 20 30
(G = 900.)

Fig 28



0 10 20 30
(G = 900.)

Fig 29



0 10 20 30
(G = 900.)

Fig 30

§111. - Imprimé à la Faculté de médecine Jouve & C^e, 15, rue Racine, Paris - 1 -
